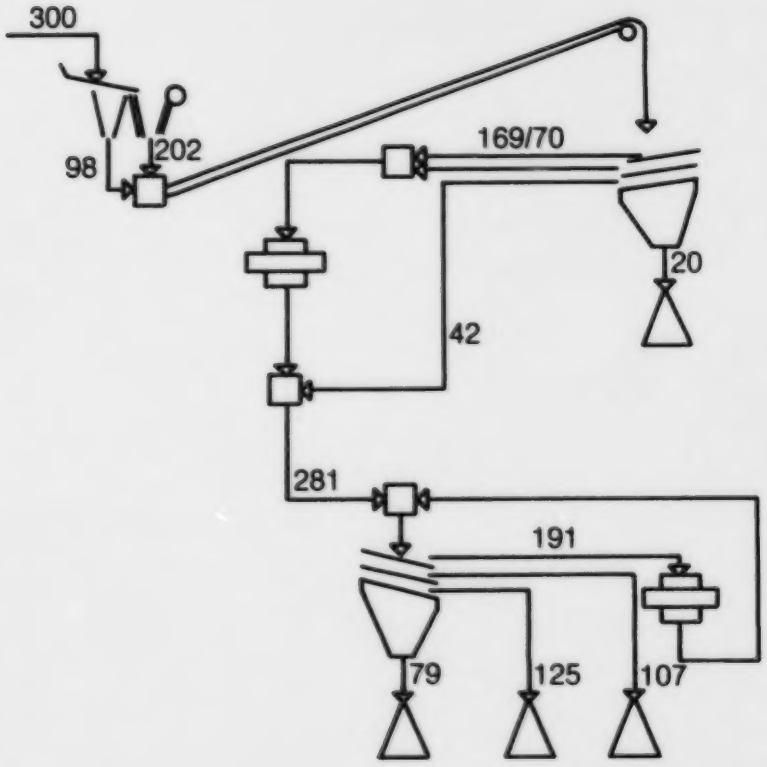
Énergie, Mines et Ressources Canada
Energy, Mines and Resources Canada

CANMET

Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie
Canada Centre for Mineral and Energy Technology

# LABORATOIRES DES SCIENCES MINÉRALES
# RAPPORT ANNUEL 1987/88

## AVRIL 1988




Canada

89-04597/

# LABORATOIRES DES SCIENCES MINÉRALES

# RAPPORT ANNUEL 1987–1988

CENTRE CANADIEN DE LA TECHNOLOGIE DES MINÉRAUX ET DE L'ÉNERGIE

ÉNERGIE, MINES ET RESSOURCES CANADA

RAPPORT DE DIVISION LSM 88–69 (TR)F

33pp

MICROMEDIA

## AVANT-PROPOS

Le rapport annuel des Laboratoires des sciences minérales pour l'année financière 1987–1988 donne un aperçu des activités et des réalisations de la Division durant cette période. La préparation du rapport annuel fait appel à la bonne volonté et à la participation de tout le personnel de la Division; nous désirons remercier tout spécialement Susan Lord et Lloyd Dalton qui ont coordonné la compilation du rapport, de même que Lorna Paquette et Joan Villeneuve pour leur contribution sur le plan technique et en matière de rédaction.

Certains articles qui avaient été ajoutés au dernier rapport en vue de donner un aperçu plus détaillé et complet des activités des laboratoires sont à nouveau présentés cette année. Ils portent entre autres sur des études en cours dans le cadre des Ententes fédérales/provinciales sur l'exploitation minérale et sur des contrats importants avec l'industrie, les universités et divers organismes gouvernementaux.

Le rapport annuel reflète une partie des engagements dont il est fait mention dans le *Plan d'entreprise de CANMET*. À l'avenir, certains faits particuliers seront soulignés afin de signaler les orientations nouvelles des laboratoires et de donner un aperçu des réalisations en cours.

Nous invitons les lecteurs à nous faire parvenir leurs commentaires en les adressant à :

L.L. Sirois
Directeur
Laboratoires des sciences minérales

## FOREWORD

The Annual Report of the Mineral Sciences Laboratories for 1987/88 contains an overview of the accomplishments and activities of the Division during this fiscal year. The preparation of an annual report enlists the good will and effort of the entire staff; special acknowledgement should go to Susan Lord and Lloyd Dalton who coordinated the report and to Lorna Paquette and Joan Villeneuve for technical and editorial endeavors.

New features which had been incorporated last year to provide a more detailed and comprehensive overview of the activities of the laboratories are continuing such as ongoing federal/provincial Mineral Development Agreement studies and significant contracts with industry, universities and various government agencies.

This annual report reflects some of the commitments which were reported in the CANMET Business Plan. In future, specific items will be highlighted to indicate new directions and also to reflect on accomplishments.

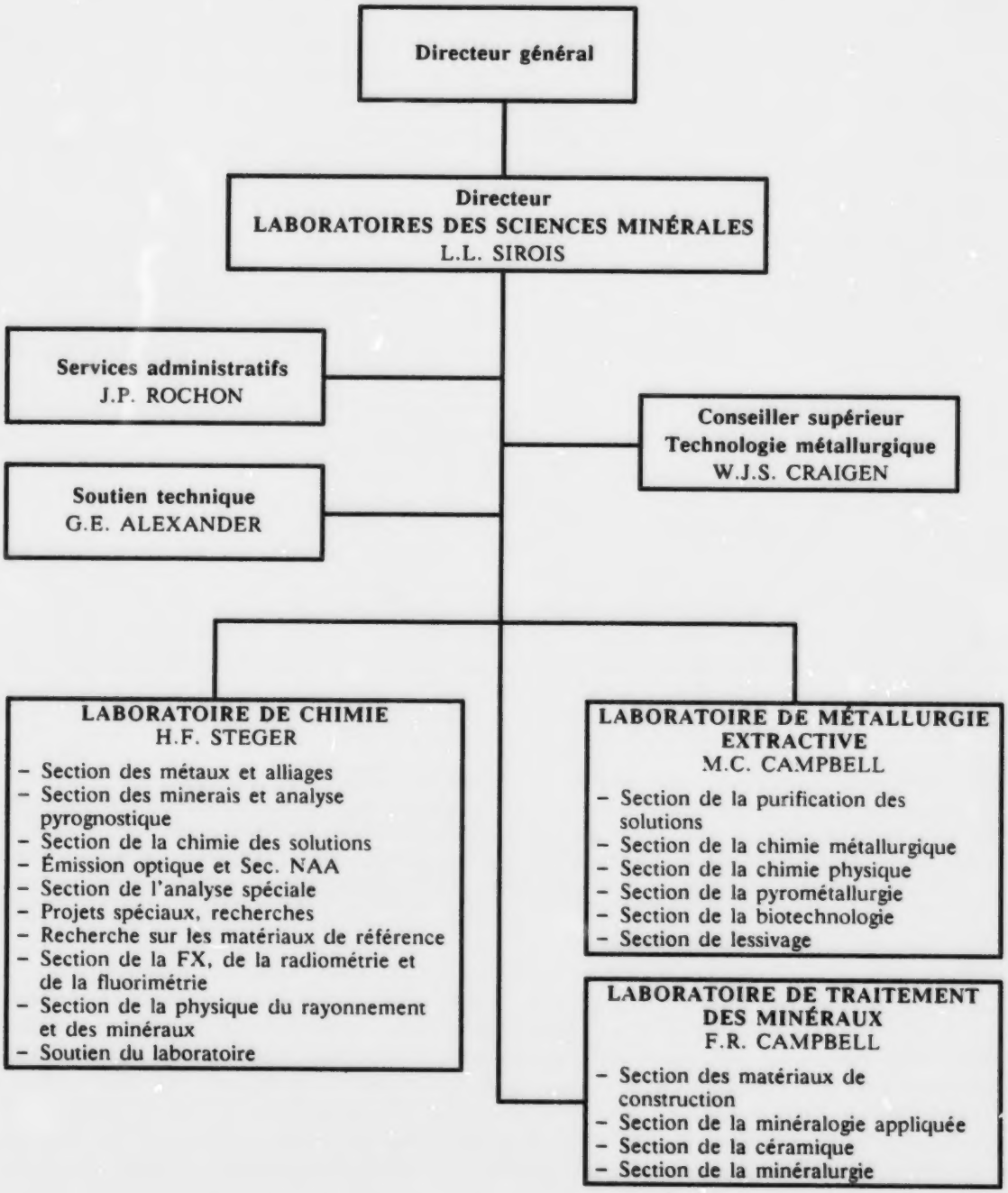
Comments from readers are welcome and should be directed to:

L.L. Sirois
Director
Mineral Sciences Laboratories

## HIÉRARCHIE ET PERSONNEL PROFESSIONNEL

## CENTRE CANADIEN DE LA TECHNOLOGIE DES MINÉRAUX ET DE L'ÉNERGIE (CANMET)

## LABORATOIRES DES SCIENCES MINÉRALES



## AFFECTATION DES RESSOURCES

## LSM – ANNÉE FINANCIÈRE 1987–1988

**PROGRAMME : SCIENCES MINÉRALES ET GÉOSCIENCES**
**ACTIVITÉ : "A BASE"**

| SOUS-ACTIVITÉ | LSM 000 $ |
|---|---|
| 20. EXTRACTION ET PRÉPARATION DU CHARBON | |
| – Personnel (A–P) | 263(5) |
| – Exploitation | 75 |
| – Immobilisations | 18 |
| 30. TRAITEMENT DES MINÉRAUX | |
| – Personnel (A–P) | 8 403(169) |
| – Exploitation | 1233 |
| – Immobilisations | 342 |
| 50. TECHNOLOGIE DES COMBUSTIBLES | |
| – Personnel (A–P) | 47(1) |
| – Exploitation | 20 |
| – Immobilisations | 20 |
| 70. MÉTAUX ET MATÉRIAUX | |
| – Personnel (A–P) | 144(3) |
| – Exploitation | 10 |
| – Immobilisations | 10 |
| TOTAL DE L'ACTIVITÉ | |
| – Personnel (A–P) | 8 857(179) |
| – Exploitation | 1338 |
| – Immobilisations | 390 |

**PROGRAMME : ENTENTE SUR L'EXPLOITATION MINÉRALE**
**ACTIVITÉ : "A BASE"**

| SOUS-ACTIVITÉ | LSM 000 $ |
|---|---|
| 30. TRAITEMENT DES MINÉRAUX | |
| – Personnel (A–P) | 144(4) |
| – Exploitation | 24 |
| – Immobilisations | Nil |

**PROGRAMME : TECHNOLOGIE DE L'AMIANTE**
**ACTIVITÉ : "A BASE"**

| SOUS-ACTIVITÉ | LSM 000 $ |
|---|---|
| 30. TRAITEMENT DES MINÉRAUX | |
| – Personnel (A–P) | Nil |
| – Exploitation | 53 |
| – Immobilisations | Nil |

**PROGRAMME : SCIENCES MINÉRALES ET GÉOSCIENCES**
**ACTIVITÉ : R–D SUR L'ÉNERGIE**

| SOUS-ACTIVITÉ | LSM 000 $ |
|---|---|
| 20. EXTRACTION ET PRÉPARATION DU CHARBON | |
| – Personnel (A–P) | Nil |
| – Exploitation | Nil |
| – Immobilisations | 269 |
| 30. TRAITEMENT DES MINÉRAUX | |
| – Personnel (A–P) | 250(5) |
| – Exploitation | 335 |
| – Immobilisations | 304 |
| 50. TECHNOLOGIE DES COMBUSTIBLES | |
| – Personnel (A–P) | 50(1) |
| – Exploitation | 20 |
| – Immobilisations | 24 |
| 70. MÉTAUX ET MATÉRIAUX | |
| – Personnel (A–P) | Nil |
| – Exploitation | Nil |
| – Immobilisations | Nil |
| TOTAL DE L'ACTIVITÉ | |
| – Personnel (A–P) | 300(6) |
| – Exploitation | 355 |
| – Immobilisations | 597 |

**PROGRAMME : BIOTHECHNOLOGIE**

**ACTIVITÉ : "A BASE"**

| SOUS-ACTIVITÉ | LSM 000 $ |
|---|---|
| 30. TRAITEMENT DES MINÉRAUX | |
| – Personnel (A–P) | Nil |
| – Exploitation | 25 |
| – Immobilisations | Nil |

## FAITS SAILLANTS

## LABORATOIRE DE CHIMIE

Le Laboratoire de chimie dispense des services de soutien analytique ainsi que des services de recherche relatifs aux méthodes d'analyse dans le cadre des projets de CANMET. Il fournit des services de consultation et de l'aide technique en matière de chimie analytique à d'autres organismes fédéraux et à des universités. Il offre le seul service canadien d'arbitrage analytique en matière de dosage de l'uranium dans des concentrés. Il prépare, homologue et distribue des matériaux de référence afin d'améliorer le contrôle de la qualité dans l'industrie minéralurgique canadienne. Enfin, il participe aux travaux de comités de diverses associations nationales et internationales. Le Laboratoire a aussi effectué de la recherche en matière de mesures physiques dans les domaines de la spectrométrie Mossbauer, de la susceptibilité magnétique et de la spectrométrie infrarouge microscopique, et il offre un soutien à CANMET et à des organismes extérieurs dans ces domaines.

En 1987, le Laboratoire de chimie à effectué 43 109 dosages d'une vaste gamme d'éléments dans environ 13 400 échantillons. Le mode de fonctionnement du Laboratoire a reflété le début d'un changement visant une plus grande coopération et parfois l'intégration des efforts des différentes sections dans leurs activités de soutien analytique. C'est pourquoi on ne présente plus séparément, comme par le passé, le nombre de dosages effectués par chaque section du Laboratoire de chimie.

Le Système de gestion de l'information du Laboratoire de chimie (SGILC) a été mis en service au cours du dernier trimestre de 1987 en vue de faciliter le suivi des échantillons d'analyse et la préparation de rapports sur ceux-ci. Il a été étendu en vue de faciliter la distribution des produits chimiques de même que la préparation de l'inventaire dans les magasins de produits chimiques des LSM. Bien que le SGILC n'ait été mis en service que récemment, on a déjà pu apprécier les possibilités qu'il offre en tant qu'outil de gestion du Laboratoire. Des modifications dans ce domaine sont prévues en 1988.

Durant la période visée par le présent rapport, des efforts considérables ont été consacrés à la mise au point de techniques d'absorption atomique sans flamme. Des méthodes basées sur la volatilisation dans un four en graphite ou la production d'hydrures ont été mises au point pour l'antimoine, l'arsenic, le sélénium et le tellure en vue d'accroître la capacité du Laboratoire à évaluer des teneurs de plus en plus faibles dans les minerais, concentrés et matériaux apparentés.

La mise au point de méthodes analytiques en chromatographie liquide s'est poursuivie. La chromatographie d'échange ionique dynamique a été appliquée au dosage des terres rares dans les aciers, les alliages zinc-aluminium, les alliages super-magnétiques et les minerais. Les techniques de chromatographie liquide haute performance ont été appliquées au dosage des anions de bromure, d'oxalate, de nitrate et d'arsenic, de même qu'à la caractérisation de l'arsenic(III) et de l'arsenic(V) dans des échantillons en solution.

Des méthodes analytiques basées sur la spectrométrie d'absorption atomique, la spectrométrie d'émission atomique à plasma couplé inductivement et la spectrométrie par fluorescence X ont été modifiées, et d'autres ont été mises au point, en vue du dosage de nombreux éléments dans des échantillons en solution et des échantillons solides d'alliages hydrométallurgiques, ferreux et non ferreux, de même que dans des matériaux présents dans l'environnement. On a analysé l'efficacité des micro-ondes pour favoriser la décomposition des échantillons mais on a constaté que la méthode n'était supérieure aux méthodes courantes de décomposition à l'acide ou par fusion que dans le cas des éléments formant des hydrures à des concentrations faibles dans des concentrés de métaux communs.

Durant la période visée par le présent rapport, on a mis sur pied un service de datation des minéraux par comptage des traces de fission. On a fait l'acquisition d'un microscope et de matériel de polissage, et on a mis au point la méthode de préparation des échantillons. Le Laboratoire de chimie a participé, conjointement avec l'U.S. Geological Survey, à un projet visant à estimer l'âge de deux échantillons de minéraux de référence proposés. Des travaux ont été effectués sur une base de recouvrement des coûts pour le compte du Saskatchewan Research Council et de l'Université d'Ottawa.

Le personnel du Laboratoire a continué de participer aux travaux de divers comités nationaux et internationaux. Une fois de plus, la plus grande partie des efforts ont été consacrés aux comités de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), notamment au Comité du Conseil sur les matériaux de référence (REMCO), au TC 102, dont les activités portent sur les normes applicables aux minerais de fer, et au TC 183, chargé des méthodes normalisées d'analyse chimique des concentrés et des minerais de cuivre, de plomb et de zinc. Il a également collaboré à la préparation, pour l'Agence internationale de l'énergie atomique, d'un manuel sur l'application de la chimie analytique dans l'industrie de l'exploration, de l'extraction et du traitement de l'uranium.

Par le biais du Projet canadien sur les matériaux de référence (PCMR), le Laboratoire de chimie a continué de fournir à l'industrie canadienne des matériaux de référence de composition homologués, qui sont caractéristiques des gîtes miniers et minéralogiques du Canada. Les recettes générées par la distribution des produits du PCMR ont augmenté de 12 %, et se sont chiffrées à 146 000 $. En 1987, un concentré de cuivre et un concentré d'uranium ont été homologués en vue de la vente. Le Laboratoire a préparé, pour le compte du Programme des résidus acides réactifs (PRAR)*, une série de quatre échantillons de résidus de métaux communs destinés à servir de matériaux de référence. Les installations du PCMR servent toujours de centre de ressources pour la préparation de matériaux de référence dans quatre projets entrepris par l'industrie et par d'autres organismes. Dans deux de ces projets, réalisés pour le compte de la Newmont Exploration, et dans un autre, réalisé pour le compte de l'Aluminum Company of Canada, les coûts ont été récupérés.

Le Laboratoire de chimie a participé à des travaux avec recouvrement des coûts du Laboratoire de métallurgie extractive et du Laboratoire de traitement des minéraux. Il a fourni un soutien analytique en rapport avec certains projets, notamment un projet relatif aux balayures de la Monnaie royale canadienne et d'autres projets des Mines Madeleine et de la Barrick Resources. Un soutien analytique inaccoutumé a aussi été fourni sur une base de recouvrement des coûts à des organismes extérieurs, par exemple à Communications Canada, à la Canberra Packard Canada Ltd., etc.

Un calorimètre à balayage différentiel commercial et du logiciel connexe ont été mis en service. Cet outil permet notamment l'examen de nouveaux matériaux perfectionnés, comme les alliages métalliques amorphes et les céramiques. Il permet en particulier de surveiller de près la pureté, les propriétés thermiques et physiques ainsi que les conditions de préparation des échantillons.

*Connu aussi sous le nom "RATS" (Reactive Acid Tailings Stabilization Program)

## LABORATOIRE DE MÉTALLURGIE EXTRACTIVE

Le Laboratoire de métallurgie extractive offre à l'industrie minérale un bassin de connaissances, de compétences et d'expérience dans toute une gamme de techniques. Les travaux de recherche renforcent la base de connaissances, permettent l'élaboration de nouvelles approches en vue de la résolution des problèmes de traitement et conduisent à un accroissement de la productivité industrielle.

L'efficacité du développement technologique se mesure en fin de compte par son applicabilité à l'industrie canadienne. À cet effet, certains éléments sont révélateurs :

a) Récupération, par biosorption, du sélénium élémentaire contenu dans les eaux résiduaires.

b) Séparation des métaux du groupe du platine par extraction au solvant.

c) Technologie de remplacement pour la réduction de la teneur en fer dans le procédé de grillage–lixiviation–extraction électrolytique du zinc.

d) Caractérisation de la distribution des impuretés dans l'affinage du cuivre.

e) L'argent, vu son comportement pendant le traitement du zinc, a pu être récupéré en plus grande quantité.

f) Dosage par infrarouge du quartz dans les poussières de mines.

g) Caractérisation de calcaires en vue de leur utilisation comme désulfurants dans la combustion en lit fluidisé du charbon.

Les activités de recherche comprennent l'étude de certains phénomènes scientifiques fondamentaux. Les progrès en matière de comportement de plusieurs matériaux sulfurés et oxydés utilisés comme photo–catalyseurs et dans des réactions photoélectrochimiques peuvent mener à un accroissement des vitesses d'oxydation dans les solutions et à la réduction des réactions qui dépendent de l'état des surfaces. Des études thermochimiques des arséniures et des arséniates permettront de mieux prévoir le comportement des systèmes de ce type dans les procédés pyrométallurgiques.

Une étude approfondie de l'application de la métallurgie par chlorure au traitement des minéraux sulfurés a permis l'élaboration d'un schéma de traitement qui pourrait être concurrentiel avec les procédés pyrométallurgiques classiques. Cette étude a aussi conduit à des perfectionnements en matière d'utilisation de surfactifs dans la lixiviation, à des méthodes uniques de purification des solutions, y compris la réduction de la teneur en fer, et à une meilleure compréhension de la chimie de l'extraction électrolytique.

Les travaux relatifs au comportement de l'argent dans l'affinage du zinc ont facilité la mise au point par l'industrie de nouveaux procédés de récupération de ce métal précieux. La connaissance du comportement de l'argent pendant le traitement et des méthodes analytiques plus sensibles applicables à l'argent ont permis une récupération accrue des métaux précieux dans les usines de zinc. La connaissance des effets de quelque 15 impuretés conjointement avec la colle sur l'extraction électrolytique du zinc a permis d'offrir une aide additionnelle à l'industrie.

Un plus grand soutien a été fourni aux travaux réalisés en collaboration avec l'industrie, les universités et d'autres chercheurs en vue d'améliorer les techniques d'élimination des impuretés dans

l'électroaffinage du cuivre. L'élimination des impuretés est une des principales tâches à réaliser en vue d'atteindre les niveaux de productivité nécessaires pour que les usines canadiennes restent concurrentielles. Les travaux portant sur la caractérisation des impuretés et des boues anodiques ont permis d'acquérir de nouvelles connaissances sur les mécanismes d'élimination des impuretés. De plus, on établit présentement un lien entre la passivation des cathodes et les teneurs en impuretés. On a terminé les travaux portant sur des techniques de traitement de rechange applicables aux boues anodiques.

Un des atouts du Laboratoire de métallurgie extractive est la technique de purification des solutions. La recherche visant l'amélioration des systèmes de récupération de l'uranium est maintenant axée sur l'or, les métaux du groupe platine, les terres rares et plusieurs métaux secondaires. Des progrès ont été réalisés dans l'application des solvants en pulpe à la récupération de l'or, dans la séparation des métaux du groupe platine (MGP), dans les applications à la séparation du gallium, du nickel et des terres rares, et dans la résolution de problèmes dans l'industrie.

On trouve des applications de la biotechnologie dans l'industrie minérale. Étant donné le succès connu avec la lixiviation en place de l'uranium, des travaux sur le zinc et le cuivre ont été entrepris en collaboration avec le Manitoba en vertu de l'Entente sur l'exploitation minérale. L'accroissement de la capacité et de l'efficacité des biosorbants indique qu'il existe des possibilités d'application industrielle à l'uranium, au zinc, au cuivre et à des métaux toxiques, comme le sélénium. La réalisation d'essais sur le terrain de destruction biologique de matières organiques qui nuisent aux traitements métallurgiques est envisagée. La clé du traitement de certains résidus miniers pourrait bien se trouver dans l'application de systèmes biologiques aérobies et anaérobies. Par ses activités, le BIOMINET a permis d'accorder une vaste gamme de contrats au Canada et à l'étranger.

Les considérations environnementales sont primordiales. La formation du groupe sur la stabilisation des résidus acides réactifs (PRAR) a permis à l'industrie, aux provinces et aux organismes fédéraux, y compris CANMET, de bien définir la recherche requise pour la réalisation d'une technologie "haut la main" applicable aux résidus et aux déchets de roche. Les essais en laboratoire facilitent l'évaluation de différentes méthodes permettant de couvrir et traiter ces déchets en vue de réduire leurs effets sur l'environnement. Une évaluation de boues métallurgiques a montré la nécessité de perfectionner les techniques de traitement.

Le nettoyage amélioré des laitiers est devenu un mécanisme de récupération accrue dans le domaine de la fonderie. Des travaux internes et des travaux confiés à contrat dans ce domaine ont permis de mieux définir les options conduisant à une meilleure façon de procéder. D'autres travaux externes en pyrométallurgie ont porté sur les applications de plasmas en vue de réduire la dépendance par rapport aux combustibles fossiles. Les travaux portant sur la caractérisation de calcaires utilisés comme désulfurants dans la combustion en lit fluidisé ont mené à l'élaboration d'une méthode acceptée internationalement.

Le Laboratoire dessert certains autres organismes. Des travaux importants ont été effectués pour le Conseil canadien des normes et l'Organisation internationale de normalisation. De plus, un bon nombre de conférences, séminaires et réunions financés par différents organismes, comme l'Institut canadien des mines et de la métallurgie, ont été organisés.

Le Laboratoire de métallurgie extractive assume diverses fonctions, dont quelques-unes seulement ont été mentionnées ci-dessus. Tout au long du présent rapport annuel, les projets sont décrits de façon plus détaillée.

## LABORATOIRE DE TRAITEMENT DES MINÉRAUX

Le Laboratoire de traitement des minéraux a fait des recherches internes ainsi que des travaux à contrat, en réponse aux besoins de l'industrie minéralurgique canadienne. Le programme est élaboré en étroite collaboration avec l'industrie et avec les provinces (grâce à des ententes d'exploitation minérale) et il est mis en oeuvre avec le concours d'entrepreneurs industriels en R–D, d'entreprises de recherche privées, d'organismes de recherche provinciaux et d'universités. D'importants projets sont en cours dans les domaines liés au traitement des minerais métalliques, du charbon et des minéraux industriels, à la mise au point et à l'épreuve de matériaux de construction améliorés, notamment le béton, ainsi qu'à la préparation et au traitement de produits en céramique, tant classiques qu'avancés. Ces activités sont soutenues par toute une gamme de recherches minéralogiques, portant précisément sur la conception et l'optimisation des procédés.

Une nouvelle version du logiciel SPOC (simulation du traitement des minerais et du charbon) a été annoncée à la Conférence sur les applications de l'informatique dans l'industrie minérale, qui s'est tenue à Québec en mars 1988. La nouvelle version contient les mêmes algorithmes de base, mais elle offre d'importantes nouveautés en matière d'options conçues spécialement pour l'utilisateur. Le nouveau logiciel, qui est maintenant en vente, offre des possibilités de conception graphique des schémas de traitement, d'analyse automatique des schémas de traitement, d'entrée des données par masque pleine page, ainsi que de nombreuses autres options.

Quatre projets en matière de systèmes experts étaient en cours pendant l'année, tous étant réalisés sur une base de partage des coûts avec l'industrie et comprenant des applications pratiques de la technologie. Un projet portant sur la commande d'un circuit de broyage de clinker et un autre portant sur la commande d'un procédé d'affinage du zinc ont été achevés. Deux autres projets ayant trait à l'extraction des sables bitumineux et à la flottation du Cu/Zn sont toujours en cours. Grâce à ces projets, CANMET a pu examiner et comparer, en ce qui concerne le matériel/logiciel, un bon nombre des principales options de rechange utilisables dans les applications des systèmes experts.

Une colonne de flottation (6,5 cm de diamètre par 7 m de longueur) entièrement munie d'instruments a été installée. Elle constituera le principal élément d'une importante activité sur la flottation en colonne. Le projet sera axé sur la réalisation de travaux conjointement avec l'industrie et mettra à profit les compétences de CANMET en matière de minéralogie, de simulation de traitement, de systèmes experts, de chimie de la flottation et d'instruments. La colonne sera intégrée à l'installation expérimentale de traitement continu (IETC) et sera dotée de nouveaux instruments acquis récemment (analyseur de taille des bulles, analyseur de taille des particules, analyseur de potentiel zêta).

On a étudié en détail le rôle de la taille des grains de pyrite et la morphologie des grains de sulfure de métal commun associés, par analyse d'image à l'aide du microscope électronique, en vue de prévoir les caractéristiques de libération de minerais sulfurés mélangés. La capacité de faire la distinction entre les minéraux sulfurés présents sous forme de grains discrets, de fragments interstitiels ou de particules intragranulaires est essentielle pour la prévision de la libération de minéraux précieux à un degré de broyage particulier.

Dans des travaux réalisés en collaboration avec la Curragh Resources, on a fait une évaluation minéralogique de la performance du broyeur actuel, en déterminant les degrés de broyage et les taux de récupération optimums, en effectuant une analyse détaillée du schéma de traitement et un échantillonnage, et en établissant un bilan massique du circuit. La Curragh utilise actuellement le logiciel SPOC pour des calculs courants du bilan massique.

Un certain nombre d'études sur la minéralogie des métaux du groupe platine dans les gisements canadiens, y compris ceux de la rivière aux Oiseaux (Manitoba) et de Wellgreen (Yukon), ont été achevées.

Dans les projets relatifs à l'amiante, un prototype de moniteur permettant de mesurer des concentrations de fibres d'amiante en suspension dans l'air aussi faibles que 0,5 fibre/cm$^3$ a été mis au point, et des négociations sont en cours en vue de sa commercialisation. Une usine-pilote de traitement par voie humide de l'amiante à échelle agrandie est présentement en construction à la Cassiar Asbestos. Cette construction constitue une étape de plus dans la mise en oeuvre et le transfert de cette technologie. Des études sont également en cours en vue d'élaborer des méthodes améliorées de caractérisation des fibres, et elles devraient mener au contrôle en circuit de la qualité ou des procédés, ou des deux.

Des travaux sont présentement effectués avec un certain nombre de sociétés par le biais de détachement de personnel dans nos laboratoires et d'autres mécanismes de transfert de la technologie, en vue de commercialiser certains matériaux céramiques perfectionnés. Suite à un programme conjoint visant à produire des céramiques piézoélectriques à base de titanate de plomb améliorées, la BM Hi Tech Inc. de Collingwood (Ontario) a commencé la commercialisation d'un transducteur de 50 MHz perfectionné destiné à des applications dans le domaine des essais non destructifs.

Les céramiques durcies demeurent un domaine important d'activité. Des solutions de rechange pour la préparation d'alumine durcie à la zirconia ont été élaborées, et un certain nombre de sociétés ont manifesté leur intérêt pour ces techniques. Une méthode de préparation de mullite durcie a été mise au point. Elle permet d'obtenir un produit dont les propriétés sont supérieures à toutes les propriétés décrites dans les ouvrages. Des méthodes de traitement hydrothermique et organométallique permettant d'obtenir d'autres céramiques durcies et résistant à l'usure sont présentement à l'étude.

L'an dernier, les LSM faisaient état de la fabrication de béton superplastifié dans lequel plus de la moitié du ciment était remplacé par des cendres volantes. Ce béton avait une résistance et un module (d'élasticité) supérieurs et une perméabilité réduite. Il a déjà été utilisé dans les colonnes de fondation d'un immeuble de grande hauteur à Halifax, et il a permis de dépasser les spécifications à un coût réduit. On recueille encore des données techniques sur ce matériau générique et différents blocs d'essai ont été coulés à Halifax et Toronto.

Dans le même domaine, les LSM ont financé un certain nombre de séminaires et d'ateliers très réussis et efficaces portant sur des sujets variés : fumée de silice dans le béton (Montréal), laitiers dans le béton (Toronto) et cendres volantes dans le béton (Halifax). Une importante conférence internationale portant sur le comportement du béton en milieu marin ("Performance of Concrete in Marine Environment") se tiendra en août 1988 à St. Andrews (Nouveau-Brunswick). De plus, CANMET a publié un ouvrage détaillé intitulé : "Supplementary Cementing Materials".

## ENTENTES SUR L'EXPLOITATION MINÉRALE

Dans le cadre des ententes sur le développement économique et régional, le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux ont conclu depuis 1984 un certain nombre d'Ententes sur l'exploitation minérale (EEM). À l'heure actuelle, il existe des ententes avec neuf des dix provinces et avec les deux territoires. Ces ententes visent à étayer et à diversifier l'industrie minérale des provinces et ainsi permettre aux minéraux de contribuer le plus possible à l'économie des provinces.

Les Laboratoires des sciences minérales de CANMET assument, pour le compte du fédéral, des responsabilités majeures en matière de technologie de traitement dans les EEM comprenant des activités de R–D. Les LSM participent ainsi directement aux EEM conclues avec Terre–Neuve, la Nouvelle–Écosse, le Nouveau–Brunswick, le Manitoba et la Saskatchewan. Ils jouent aussi un rôle consultatif dans les ententes conclues avec le Québec, la Colombie–Britannique, l'Île–du–Prince–Édouard, le Yukon et les Territoires du Nord–Ouest. Les travaux de recherche sont confiés à des entreprises industrielles ou à des organismes de recherche provinciaux ou privés. Le rôle des LSM à cet égard est de préparer les programmes de travail, de fournir des conseils spécialisés et d'agir comme autorité scientifique relativement aux contrats, en consultation avec les autorités compétentes des provinces. Plus de 53 contrats distincts ont été mis sur pied à ce jour. Les dépenses totales prévues pour la période 1987–1988 dépassent légèrement 4 millions de dollars.

Au cours de l'exercice 1987–1988, les travaux réalisées dans le cadre de l'EEM conclue avec Terre–Neuve ont été axés sur l'amélioration du traitement du minerai de fer et sur l'évaluation des gisements métalliques et non métalliques. En Nouvelle–Écosse, les travaux ont surtout porté sur la recherche et la mise en valeur de nouvelles sources de minéraux industriels et de matériaux de construction. Au Nouveau–Brunswick, l'accent a été mis sur les matériaux de construction et sur la mise au point de procédés d'extraction applicables aux minéraux sulfurés. Au Manitoba, les travaux ont porté principalement sur la technologie de fonderie des produits non ferreux et sur les minéraux industriels. Enfin, en Saskatchewan, on s'est surtout intéressé au traitement à sec de la potasse.

Les travaux entrepris en vertu de contrats résultant d'EEM sont décrits dans les parties du présent rapport qui portent sur les projets auxquels ils se rattachent (ainsi, les travaux portant sur le minerai de fer entrepris en vertu de contrats conclus dans le cadre de l'EEM avec Terre–Neuve sont décrits dans la section consacrée au projet des LSM sur le traitement du minerai de fer). Les contrats conclus en vertu d'EEM sont par ailleurs indiqués par les lettres "EEM", placées après le numéro de la demande de contrat.

## PRIX SPÉCIAUX

J.E. Dutrizak et J.L. Jambor ont reçu la Consolidated Gold Fields Silver Medal 1987, décernée par l'Institution of Mining and Metallurgy de Londres (Angleterre), pour leur article intitulé "Behaviour of Silver During Jarosite Precipitation".

Daniel Laguitton a reçu le premier prix de la Society for Technical Communication pour son article intitulé "L'intelligence artificielle appliquée au service de la minéralurgie", qui a été publié dans GEOS. L'article a reçu la mention "distinction".

V.M. Malhotra a reçu en février 1988 le Distinguished Service Award de la section Atlantique de l'American Concrete Institute. Il a été le premier récipiendaire de ce prix, en reconnaissance de ses travaux de recherche et développement sur le béton.

W. Petruk a été le premier récipiendaire du prix Julian Boldy présenté par la Division de géologie de l'ICM. Ce prix est accordé en reconnaissance des contributions à long terme à la Division, dont M. Petruk est un ancien président. M. Petruk a de plus été nommé conférencier distingué de l'ICM pour la période 1988–1989.

# TABLE DES MATIÈRES

## PARTIE A. RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

## ACTIVITÉ – TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE ET DES MINÉRAUX


Page

### SOUS-ACTIVITÉ – EXPLOITATION MINIÈRE

Mécanique des roches ..... 1
Projet 14.25.05 Dépôts souterrains de déchets radioactifs ..... 1

Environnement minier ..... 1
Projet 14.39.01 Poussières inhalables et ventilation ..... 1

### SOUS-ACTIVITÉ – EXTRACTION ET PRÉPARATION DU CHARBON

Désulfuration du charbon ..... 2
Projet 20.79.01 Charbons à haute teneur en soufre ..... 2

### SOUS-ACTIVITÉ – TRAITEMENT DES MINÉRAUX

Évaluation des minéraux ..... 4
Projet 30.05.01 Évaluation minéralogique des minerais ..... 4

Enrichissement – Minéraux métalliques
Projet 30.13.01 Traitement des minéraux assisté par ordinateur (TMAO) ..... 6
Projet 30.13.02 Traitement du minerai de fer ..... 10
Projet 30.13.03 Évaluation de matériel et de nouvelles techniques de traitement ..... 12
Projet 30.13.04 Techniques améliorées pour la récupération de l'étain et des particules fines ..... 13
Projet 30.13.05 Modèles de libération/flottation ..... 15
Projet 30.13.06 Enrichissement des minerais complexes ..... 16

Enrichissement – Minéraux industriels
Projet 30.21.01 Économie de l'énergie dans le traitement des minéraux industriels ..... 17
Projet 30.21.02 Études sur l'enrichissement et le broyage de certains minéraux industriels ..... 19

Traitement – Céramiques
Projet 30.29.01 Préparation et caractérisation de matériaux céramiques avancés ..... 22
Projet 30.29.03 Matériaux semiconducteurs pour procédés photoélectrochimiques et catalytiques ..... 27
Projet 30.29.05 Électrodes et matières réfractaires pour l'industrie de l'acier ..... 29

## TABLE DES MATIÈRES (suite)

**Traitement – Minéraux industriels**

Projet 30.37.01 Rendement et durabilité des bétons contenant des constituants secondaires de cimentation ..... 30
Projet 30.37.02 Béton dans les ouvrages construits en mer ..... 33

**Biotechnologie**

Projet 30.45.01 Traitement biologique ..... 35
Projet 30.45.03 Réseau de biotechnologie ..... 37

**Extraction – Minéraux métalliques**

Projet 30.52.02 Procédés basés sur l'utilisation des chlorures pour le traitement des minerais sulfurés ..... 38
Projet 30.52.04 Réacteurs à plasma ..... 41
Projet 30.52.05 Impuretés dans l'affinage du cuivre ..... 43

**Extraction – Métaux rares**

Projet 30.61.01 Mise au point d'un procédé de traitement de l'uranium ..... 46
Projet 30.61.02 Or ..... 46
Projet 30.61.04 Terres rares ..... 48

**Normes et spécifications**

Projet 30.69.01 Matériaux de référence ..... 49
Projet 30.69.02 Méthodes analytiques ..... 51
Projet 30.69.03 Agrégats/béton – Essais et normes ..... 56

**Récupération des sous-produits**

Projet 30.77.01 Récupération de l'argent dans l'industrie du zinc ..... 58
Projet 30.77.02 Laitiers métallurgiques non ferreux ..... 62

**Protection de l'environnement**

Projet 30.86.01 Caractérisation des stériles et mécanismes de contrôle ..... 63
Projet 30.86.02 Gestion des résidus d'exploitation minière et de traitement ..... 65
Projet 30.86.03 Lutte contre la pollution de l'eau ..... 67
Projet 30.86.04 Lutte contre la pollution de l'air ..... 70
Projet 30.86.06 Secrétariat, Étude sur les résidus réactifs (PRAR) ..... 72

**Combustion en lit fluidisé**

Projet 50.62.01 Paramètres de rendement des lits fluidisés à bulles ..... 73
Projet 50.62.02 Systèmes de combustion en lit fluidisé circulant ..... 75

**Ententes sur l'exploitation minérale**

Manitoba ..... 76
Nouveau-Brunswick ..... 76
Terre-Neuve ..... 77
Nouvelle-Écosse ..... 78
Saskatchewan ..... 78

## TABLE DES MATIÈRES (suite)

### PARTIE B. SERVICES GÉNÉRAUX ET OPÉRATIONS

Laboratoire de chimie ..... 81
Laboratoire de métallurgie extractive ..... 82
Laboratoire de traitement des minéraux ..... 83
Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI) ..... 84
Contrats avec recouvrement des coûts ..... 85
Projet spécial ..... 86
Symposium de CANMET à Val d'Or ..... 91

### PARTIE C. PARTICIPATION À DES COMITÉS TECHNIQUES

Comités internationaux ..... 93
Canada ..... 96
États-Unis ..... 100

### PARTIE D. PUBLICATIONS, ARTICLES, EXPOSÉS ET RAPPORTS

Articles et communications publiés dans des livres ..... 103
Articles publiés dans des actes de conférence ..... 103
Articles publiés dans des revues étrangères ..... 104
Exposés ..... 105
Rapports de CANMET (CM) ..... 107
Rapports spéciaux (SP) ..... 108
Programme national de recherche sur les résidus d'uranium (PNRRU) ..... 108
Rapports de division ..... 108
Rapports de recherche (IR) ..... 108
Rapports techniques (TR) ..... 110
Études documentaires (LS) ..... 112
Brevets et demandes de brevet ..... 112

## TABLE DES MATIÈRES (suite)

### PARTIE E. ÉCHANGES DE TECHNOLOGIE

Administrations gouvernementales ..... 113
Universités et autres organismes ..... 115
Industrie ..... 116

### PARTIE F. PERSONNEL PROFESSIONNEL, TECHNIQUE ET ADMINISTRATIF

Personnel des LSM ..... 121

## PARTIE A. RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

## ACTIVITÉ : TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE ET DES MINÉRAUX

## SOUS-ACTIVITÉ : EXPLOITATION MINIÈRE

**Mécanique des roches**

- **Projet 14.25.05 : Dépôts souterrains de déchets radioactifs**
  **Chef de projet : V.V. Mirkovich**

**Objectifs :**

Définir les caractéristiques pétrographiques des roches présentes dans les endroits où l'on étudie la possibilité d'enfouir des déchets radioactifs, et en déterminer les propriétés thermophysiques à partir de spécimens représentatifs.

Afin de réduire la tâche laborieuse de préparation des spécimens de roche en vue de la mesure des propriétés thermophysiques, on a conçu une méthode de préparation différente. Au lieu de façonner les spécimens cylindriques, on a utilisé des carottiers spéciaux à tolérance serrée pour tailler les spécimens. Les résultats ont été encourageants, mais pour obtenir la précision requise, il faudra encore perfectionner la méthode simplifiée. La préparation de spécimens provenant du lac East Bull se poursuit, mais aucune mesure thermophysique n'a pu être effectuée pendant la période considérée.

**Environnement minier**

- **Projet 14.39.01 : Poussières inhalables et ventilation**
  **Chef de projet : J. Bigu**

La variation de la taille des particules de quartz peut être déterminée par analyse du rapport A800/Amin du doublet dans le spectre d'adsorption infrarouge du quartz. Des graphiques du rapport A800/Amin en fonction de la position sur un dépôt de quartz ont été préparés pour un certain nombre d'échantillons déposés sur des membranes de filtration dans différentes conditions d'échantillonnage. Il semblait n'y avoir aucun mode significatif de variation de la taille des particules dans les dépôts, sauf dans quelques dépôts préparés dans une chambre d'air à l'échelle du laboratoire à l'aide d'un nuage de poussière dense. La taille des particules semblait diminuer à proximité du périmètre dans les dépôts pour lesquels une fuite s'était produite le long du périmètre du filtre.

Le spectrophotomètre Digilab FTS-40 pour spectroscopie à l'infrarouge avec transformation de Fourier (FTIR) a été utilisé pour une nouvelle analyse de dépôts analysés antérieurement par spectrométrie infrarouge de dispersion. La surface de crête du doublet de quartz déterminée pour des dépôts de quartz ordinaires préparés dans la chambre de poussière à l'échelle du laboratoire était en moyenne 1.4 fois plus grande que la surface déterminée au moyen de l'instrument à dispersion. Des spectres de la plage 200-250 cm-1 ont été obtenus pour des poussières de mine déposées sur des filtres après soustraction du spectre du filtre.

Un rapport est en cours de préparation.

## SOUS-ACTIVITÉ : EXTRACTION ET PRÉPARATION DU CHARBON

### Désulfuration du charbon

- **Projet 20.79.01 : Charbons à haute teneur en soufre**
  **Chef de projet : K.S. Moon**

**Objectifs :**

Contribuer à la mise au point de procédés rentables de valorisation des charbons à haute teneur en soufre, de façon à satisfaire aux normes plus strictes s'appliquant aux charbons thermiques et métallurgiques ainsi qu'aux exigences futures concernant la combustion et la transformation du charbon et la protection de l'environnement.

Les émissions atmosphériques de $SO_x$ par les centrales thermiques alimentées au charbon constituent une importante source de pluies acides dans la région de l'Atlantique en Amérique du Nord. Le charbon de l'Est canadien contient des quantités appréciables de soufre et constitue par conséquent un élément du problème. Si les minéraux contenant du soufre et des cendres étaient éliminés efficacement, avant la combustion des charbons à haute teneur en soufre, le problème serait réduit. De plus, l'élimination des éléments indésirables augmente le pouvoir calorifique unitaire des charbons et aide à réduire les frais de transport. De façon générale, il faudra préparer les charbons destinés à d'autres applications, telles la liquéfaction et la gazéification.

**Résumé du projet :**

**a) Traitement magnétique des charbons canadiens**

Les travaux sur l'enrichissement magnétique par voie sèche des charbons Kipp (Petro-Canada), Lingan et Prince (DEVCO) au moyen d'un séparateur magnétique haute intensité haut gradient (HIHG) à gradient ouvert ont été menés à terme. Les résultats indiquent que des volumes relativement élevés (jusqu'à 5 tonnes à l'heure par mètre de rouleau magnétique) peuvent être traités sans nuire aux résultats de la séparation cendres-charbon. Un rapport final sur le sujet est en cours de préparation par la Cryogenic Consultants. Le rendement du séparateur magnétique HIHG à gradient ouvert sera comparé à celui d'autres types de séparateurs.

**b) Épuration en profondeur des charbons à haute teneur en soufre**

Les caractéristiques du charbon Donkin-Morien ont été déterminées au moyen de la séparation par liquide dense et d'études minéralogiques. Le charbon a été épuré en profondeur par broyage progressif suivi d'opérations de flottation et de séparation magnétique. Dans les conditions les plus favorables, on a obtenu un charbon contenant 1,1 % de cendres, 0,16 % de soufre pyriteux, 1,20 % de soufre organique et 0,01 % de soufre sous forme de sulfates, avec un rendement thermique de 84 %. Une bonne corrélation a été obtenue entre les données de minéralogie et de lavabilité tout au long des essais de flottation-séparation magnétique.

**c) Traitement à sec du charbon**

Plusieurs charbons canadiens ont été préconcentrés au moyen d'un nouveau rouleau magnétique permanent en terres rares. On a constaté que la méthode permettait une bonne séparation charbon-cendres à des tailles de particules comprises entre 0,1 mm et 1,5 mm lorsqu'elle était appliquée à des charbons qui avaient été suffisamment libérés. Une démonstration de l'application de la méthode à des charbons Lingan a été présentée, en collaboration avec la Eriez Magnetics, à des conférences internationales tenues à Edmonton et à Lexington. Une évaluation de la rentabilité de la méthode est en cours.

**d) Épuration en usine-pilote du charbon Prince à haute teneur en soufre**

Le rapport final d'une étude conjointe réalisée par CANMET et l'Electric Power Research Institute sur l'épuration et la combustion du charbon Prince (500 tonnes) provenant de Sydney (N.-É.) a été publié. Le charbon brut (20,5 % de cendres, 3,50 % de S) a été épuré dans des cyclones à milieu dense (-19,05 + 0,60 mm) et dans des cyclones à eau (-0,60 + 0,25 mm) avec/sans flottation par mousse (-0,25 mm). Les résultats ont montré que les cendres ont été éliminées efficacement alors que le soufre a été éliminé assez difficilement en raison de la grande dispersion du soufre pyriteux. Néanmoins, on a atteint une réduction de 67 % de la teneur en soufre et une réduction de 93 % de la teneur en cendres, ce qui s'est traduit par un accroissement du pouvoir calorifique du charbon épuré. Une évaluation des coûts des essais de combustion en usine-pilote avec du charbon brut et du charbon épuré a montré que l'accroissement du degré d'épuration se traduisait par une baisse des coûts d'immobilisation estimés résultant d'une réduction des besoins de pulvérisateur et de la possibilité d'utiliser des fours, des systèmes de désulfuration des gaz de carneau et des systèmes de précipitation électrostatique pour les cendres volantes plus petits. L'épuration a aussi entraîné une réduction des besoins en énergie, de la consommation d'additifs dans les épurateurs et des quantités de déchets, de sorte que les économies sur le plan de l'exploitation augmentaient avec le degré d'épuration. Par conséquent, les entreprises de services publics qui remplacent le charbon brut par du charbon épuré peuvent économiser jusqu'à 44 $/kWh au chapitre des coûts d'immobilisation relatifs aux centrales et pourraient se permettre de payer jusqu'à 29 % de plus pour ce charbon épuré sans augmentation des coûts de soutien.

**e) Mise au point de "l'analyseur CANMET des diverses formes du soufre"**

En vertu d'un contrat passé avec CANMET, la Barringer Research Limited met présentement au point un prototype d'analyseur CANMET des diverses formes du soufre, en vue du dosage de différentes formes de soufre contenues dans les charbons. L'appareil est basé sur une méthode mise au point par CANMET, qui est présentement en instance de brevet. Conjointement avec l'analyseur de soufre total LECO SC-32, un système de microtraitement électronique a été mis au point en vue de l'acquisition, du traitement et du stockage de données de spectrochronogramme. Le système permet de déconvolutionner les multiples crêtes des spectrochronogrammes infrarouges de composés de ($SO_x$) pour donner les teneurs en différentes formes de soufre. Une nouvelle méthode de préparation des échantillons a aussi fait l'objet d'une demande de brevet au Canada et aux É-U. On prévoit terminer le projet actuel en août 1988. Si on réussit à produire un prototype adéquat, on le soumettra à des essais sur le terrain.

**Contrats :**

- Demande 4-9164, "Dry magnetic separation of the Eastern Canadian coal", Cryogenics Consultants Ltd., R.-U. D.S. - G. Mathieu.

- Demande 5-9219, "Development of a prototype CANMET sulphur form analyzer", Barringer Research Limited, D.S. - K.S. Moon.

**Rapports/Publications :**

- Mathieu, G.I., "Mineralogy and intensive cleaning of Donkin-Morien coal"; Rapport de division MSL 87-31 (OP); avril 1987.

- Moon, K.S. et Sirois, L.L., "Theory and industrial application of column flotation in Canada"; Chapter II de Column flotation 88, Proceedings of International Symposium on Column Flotation, préparé par K.V.S. Sastry; SME/AIME, New York; p. 91-102; Phoenix (Arizona); janvier 1988.

- Moon, K.S. et Sirois, L.L., "The improvements in peak resolution and in reproducibility of spectrochronograms of different sulphur forms in coals by addition of silica ($SiO_2$) powder to coal sample"; Rapport de division MSL 87-117 (IR); août 1987.

- Moon, K.S. et Sirois, L.L., "Theory and application of column flotation"; rapport CANMET 87-7E; décembre 1987.

- Moon, K.S., "Procedure for the deconvolution of the second peak for organic sulphur 2 ($S_{o2}$) and pyritic sulphur ($S_{p2}$) in infrared ($SO_x$) spectrochronogram of coals"; Rapport de division MSL 87-156 (IR); décembre 1987.

**Brevets :**

- Moon, K.S. et Sirois, L.L., "Methods and apparatus for analyzing different sulphur forms"; demande de brevet canadien n° 551,292; 6 novembre 1987.

- Moon, K.S. et Sirois, L.L., "Methods for analyzing different sulphur forms"; demande de brevet CIP américain n° 119,915; 13 novembre 1987.

## SOUS-ACTIVITÉ : TRAITEMENT DES MINÉRAUX

### Évaluation des minéraux

- **Projet 30.05.01 : Évaluation minéralogique des minerais**
  **Chef de projet : P.R. Mainwaring**

**Objectifs :**

Contribuer à la mise en valeur et au traitement des ressources minérales du Canada, y compris divers gîtes importants de minéraux métallifères complexes et à faible teneur et diverses manifestations de minéraux industriels, par l'évaluation des caractéristiques minéralogiques, de la distribution des éléments précieux et des caractéristiques probables de libération, de même que par des essais au banc ultérieurs visant à accroître la récupération des minéraux contenus.

a) Une étude visant à déterminer les taux de récupération par flottation et les degrés de broyage optimums des métaux contenus dans un minerai de plomb-zinc à grains fins provenant du gisement Faro (Yukon) a été réalisée dans le but d'établir des points repères concernant le traitement dans le concentrateur actuel. Les essais au banc effectués avec un degré de broyage primaire de 63 % -38 µm et un rebroyage des concentrés plus grossiers ont donné des concentrés de plomb et de zinc contenant environ 54 % de Pb et 53 % de Zn, avec des taux de récupération de 83 % du plomb et 75 % du zinc dans les concentrés respectifs. Des études quantitatives de libération effectuées par analyse d'image des produits de concentrateur ont montré que le degré de broyage optimum avait été obtenu. Les taux de récupération maximums qui pouvaient être obtenus étaient 87 % du zinc et 85 % du plomb au degré de broyage considéré, et 4 % du zinc et 11 % du plomb appartenaient à la fraction des schlamms fins de 1 µm.

b) Dans le cadre d'une évaluation à long terme des caractéristiques du minerai et de la performance des usines de traitement des minéraux en Colombie-Britannique et dans le territoire du Yukon, un projet conjoint avec la Curragh Resources a été entrepris en vue d'appliquer la méthode SPOC au concentrateur de plomb-zinc-argent de Faro. Ce projet comprenait une analyse de schéma de traitement, une campagne d'échantillonnage du concentrateur, un traitement et des essais poussés des échantillons, et l'utilisation du logiciel MATBAL pour produire un bilan des métaux de deux branches du circuit de broyage et du circuit de flottation en entier. La Curragh Resources utilise présentement la méthode pour établir des inventaires de métaux quotidiens dans le concentrateur. En vertu d'une proposition d'entente basée sur le partage des coûts, on utilisera dans les activités futures les techniques d'analyse d'image quantitative pour déterminer la distribution des minéraux et des métaux dans l'installation en ayant recours au logiciel BILMAT, auquel on peut incorporer des données d'analyse d'image.

c) Une étude quantitative du minerai de chromite provenant du gisement de la rivière aux Oiseaux (Manitoba) a été effectuée en collaboration avec la province du Manitoba. L'étude a permis de déterminer les caractéristiques de libération de la chromite et de la gangue à l'aide des techniques d'analyse d'image. On a prévu une libération de chromite de seulement 70 % à un degré de broyage de 100 % -38 µm. Les rapports chrome/fer dans la chromite sont faibles comparativement aux rapports considérés en métallurgie classique.

d) Les études minéralogiques ont montré que le principal minéral d'yttrium dans le dépôt du lac Strange au Labrador (Québec) est un nouveau silicate de Ca et d'Y.

e) Un prototype de moniteur de fibres d'amiante, comprenant un laser à solide, a été conçu en vue d'applications de non-conformité et construit à contrat. Le secteur privé évalue présentement les possibilités de commercialisation de ce moniteur, sa limite de détectabilité et sa précision.

f) La première phase d'une étude de la présence et de la nature de la distribution des éléments du groupe platine associée à la chromite dans la partie inférieure de la zone chromitifère du filon-couche de la rivière aux Oiseaux, au sud-est du Manitoba, a été menée à terme [Rapport de division MSL 87-132 (R)]. Les minéraux du groupe platine (MGP) avaient un diamètre de 5 µm ou moins, mais on en retrouvait 99 % en volume dans des silicates et des sulfures. Cette distribution a des répercussions importantes sur l'enrichissement des minéraux. D'autre part, deux échantillons provenant des Chromites principales supérieure et inférieure présentaient une distribution différente des MGP : la chromite était l'hôte de 43 % en volume des MGP, le reste se présentait sous forme d'inclusions en grande partie dans des silicates.

g) Une étude réalisée sous forme d'un projet à frais partagés, portant sur un de cinq échantillons provenant du gisement de Wellgreen (Yukon), qui contient du Cu, du Ni, du Pt et du Pd, a été menée à terme. Les quatre autres échantillons sont actuellement préparés en vue d'une étude minéralogique.

**Contrats :**

- Demandes 5-9209 et 5-9210 EEM, "Pt. Leamington deposit, Nfld. Phase 1 – sampling and Phase 2 – mineralogy and metallurgical testing", Centre de recherches Noranda. D.S. – J.L. Jambor.

- Demande 5-9217 EEM, "Evaluation of options for treating New Brunswick manganese minerals", Atlantic Analytical Services. D.S. – G.M. Ritcey.

- Demande 6-9056 EEM, "Quartzite evaluation, Wabush Lake, Labrador", Golder Associates. D.S. - R.K. Collings.

- Demande 6-9063, "Development of an improved ambiant air monitor for asbestos fibre", METREX Instruments, Ltd. D.S. - P. Mainwaring.

- Demande 7-9160, "Study on asbestos fibre counting stopping rules". D.S. - P. Mainwaring.

**Rapports :**


- Cabri, L.J. et Laflamme, J.H.G., "Mineralogical study of the platinum-group element distribution and associated minerals from three stratigraphic layers, Bird River Sill, Manitoba"; Rapport de division MSL 87-132 (R).

- Jambor, J.L., "Geology and origin of the orebodies in the Lucky Strike area, Buchans, Newfoundland"; Commission géologique du Canada, document 86-24, 75-106.

- Jambor, J.L., "Geology and mineralogy of the Tulks pyritic massive sulphide deposit"; Comm. géol. du Canada, document 86-24, 219-226.

- Jambor, J.L. et Owens, D.R., "Vinciennite in the Maggie porphyry copper deposit, British Columbia"; Can. Mineral., v. 25, 227-228.

- Jambor, J.L., Roberts, A.C. et Grice, J.D., "Armstrongite from the Strange Lake alkalic complex, on the Quebec-Labrador boundary, Canada"; Powder diffraction, v. 2, 2-4.

- Jambor, J.L., Carson, D.J., Stemerowicz, A. et Petruk, W., "Predictive metallurgy and bench flotation tests of massive sulphide ores from Tally Pond, Newfoundland"; Process Mineralogy VI, AIME, 255-272.

- Petruk, W. et Sikka, D.B., "The formation of oxidized copper minerals at the Malanjkhand porphyry copper deposit, India"; Process Mineralogy VII, AIME.

- Petruk, W., "The MP-SEM-IPS image analysis system"; Rapport CANMET 87-1E.


**Enrichissement - Minéraux métalliques**

- **Projet 30.13.01 : Traitement des minéraux assisté par ordinateur (TMAO)***
  **Chef de projet : D. Laguitton**

**Objectifs :**

Assurer le transfert de la technologie nécessaire à l'amélioration de la récupération des minéraux produits par le traitement des minerais canadiens, ou de leur valeur, ou des deux, en appliquant la modélisation et la simulation des procédés minéralurgiques et énergétiques, en fournissant à l'industrie minérale une méthode informatisée d'utilisation facile applicable à l'évaluation, au contrôle et à l'optimisation des circuits de traitement.

*Computer Aided Mineral Processing (CAMP)

**Rapport de projet :**

En 1987–1988, les activités sont restées axées sur deux secteurs parallèles :

1. Outils informatiques classiques pour l'évaluation et l'optimisation du traitement des minéraux.
2. Prototypage de systèmes experts en matière de traitement de minéraux.

En 1987, on a réalisé des progrès importants en amenant à un niveau de première classe sur les plans de la convivialité et de la fonctionnalité les programmes SPOC permettant le calcul des bilans de matière et la simulation des procédés. L'objectif visé était de faire l'annonce d'une nouvelle version de logiciel à la Première conférence canadienne sur les applications de l'ordinateur à l'industrie minérale (AOIM), qui s'est tenue à Québec en mars 1988. Les logiciels suivants ont été achevés et présentés dans leur nouveau format :

**MATBAL5**, un programme de bilan de matière basé sur l'algorithme MATBAL, qui a été largement distribué dans les phases antérieures du projet SPOC et qui a été bien accepté. La nouvelle version permet une définition de schéma de traitement graphique, l'analyse de schéma de traitement et l'établissement d'équations de bilan massique automatiques, la saisie de données par grille pleine page, l'assistance au clavier et une exécution plus rapide.

**STAMP**, un logiciel statistique permettant d'effectuer des régressions sur les données et des ajustements de courbes; il offre un vaste menu de modules de pointe pour l'ajustement de courbes linéaires et non linéaires, de même que des techniques de recherche directe.

**UNISIM**, un ensemble de simulateurs d'unités de traitement des minéraux commandé par un menu général. La description de l'alimentation et la définition des paramètres sont aussi effectuées à l'aide d'une grille pleine page sur écran couleur, et les graphiques des programmes peuvent être tracés au moment de l'exécution.

**SIMBAL**, un simulateur de schéma de traitement général offrant un choix de trois simulateurs de sous-installation : **GRINDEX**, pour une installation de broyage, **HCONEX**, pour les montages multicyclones et **SPLITX**, pour un calcul général de prévision de bilan de matière basé sur des mélangeurs et des séparateurs représentés par des coefficients de séparation. La saisie des données se fait par mode graphique et par pleine page.

**CRSHEX**, un simulateur d'installation de broyage basé sur des modèles des fabricants et sur des données de performance également à saisie de données par mode graphique et pleine page. Ce programme devrait être un outil exceptionnel pour l'aménagement du matériel dans les petites carrières.

**SPOC.LIB**, une bibliothèque de programmes FORTRAN appelables pour la gestion d'écran et de fenêtre dans les IBM-PC et le matériel compatible.

**METCAL** et **NPRD**, programmes utilitaires généraux pour le calcul des taux de récupération dans des expériences de laboratoire et pour l'établissement rapide de bilans de matière par la formule des n produits.

Les nouveaux programmes sont offerts par les LSM de CANMET suivant un nouveau mode de diffusion. Quelques autres logiciels seront ajoutés à la liste qui précède au début de l'exercice 1988–1989.

L'évaluation de la technologie des systèmes experts commencée en 1986–1987 s'est poursuivie avec succès en 1987–1988. CANMET a tenu le 31 mars 1987 un symposium sur l'utilisation des systèmes experts dans l'industrie minérale, qui a regroupé des fournisseurs et des utilisateurs de ces systèmes et qui a permis de maintenir des liens avec l'industrie pendant tout l'exercice financier. L'approche de la technologie a été maintenue, et dans ce contexte CANMET a tenté d'évaluer autant de voies différentes que possible en matière de prototypage des systèmes experts. Par le biais de contrats, une évaluation spéciale des outils suivants a été effectuée :

- **KEE/TI-EXPLORER**, dans un secteur du broyage du ciment, en collaboration avec Ciments Lafarge Canada Ltée;
- **Expert-conseil personnel/Compaq 386**, dans un domaine de l'affinage du zinc, en collaboration avec la Fenco-Lavalin et la Noranda-CEZ;
- **PICON/LAMBDA**, dans un projet de formation interne général.

De plus, deux projets ont été définis et mis en marche. Ils portaient sur le prototypage de systèmes experts avec des composantes en temps réel, dans une usine-pilote d'extraction des sables bitumineux et une installation de flottation du cuivre et du zinc.

**Contrats :**

- Demande 6-9137, "Pilot application of expert system technology to process control", Cosigma Lavalin Inc. D.S. – D. Laguitton.

- Demande 7-9047, "Development of a model for the analysis of a potash compaction circuit", Dilborn (Saskatchewan) Ltd. D.S. – D. Laguitton.

- Demande 7-9214, "Development of an expert system for process control in a flotation plant", Falconbridge Ltd. Kidd Creek Mines Div. D.S. – D. Laguitton.

**Rapports :**


- Laguitton, D. (réd.), "Proceedings of the CANMET Symposium on expert systems in the Mineral Industry, Ottawa"; CANMET SP 87-4E; mars 1988.

- Laguitton, D. et Barcados, A., "L'intelligence artificielle appliquée au service de la minéralurgie"; Geos 16:3-1; 1987.

- Laguitton, D., "Expert Systems in mineral processing"; Actes de la 20$^{e}$ Conférence de la Division du traitement des minéraux canadiens de l'ICM; Ottawa; janvier 1988.

- Laguitton, D. et Bilodeau, M., "Computer aided mineral processing simulation and expert systems"; Proceedings of the Copper 87 Conference; Vina del Mar (Chili); vol. 2; décembre 1987.

- Laguitton, D. et Pilgrim, R., "Computer aided mineral processing : The role and contribution of CANMET"; Actes de la Première conférence canadienne sur les applications de l'ordinateur dans l'industrie minérale; Québec; p. 127, mars 1988.

- Flament, F., Vanderstichelen, J., Laguitton, D. et Hodouin, D., "Prototyping an expert system for the trouble-shooting of a clinker grinding mill"; Proceedings of the Conference on Artificial Intelligence in Minerals and Materials Technology; University of Alabama; Tuscaloosa; 21 octobre 1987.

## LOGICIEL SPOC AU CANADA (1987)

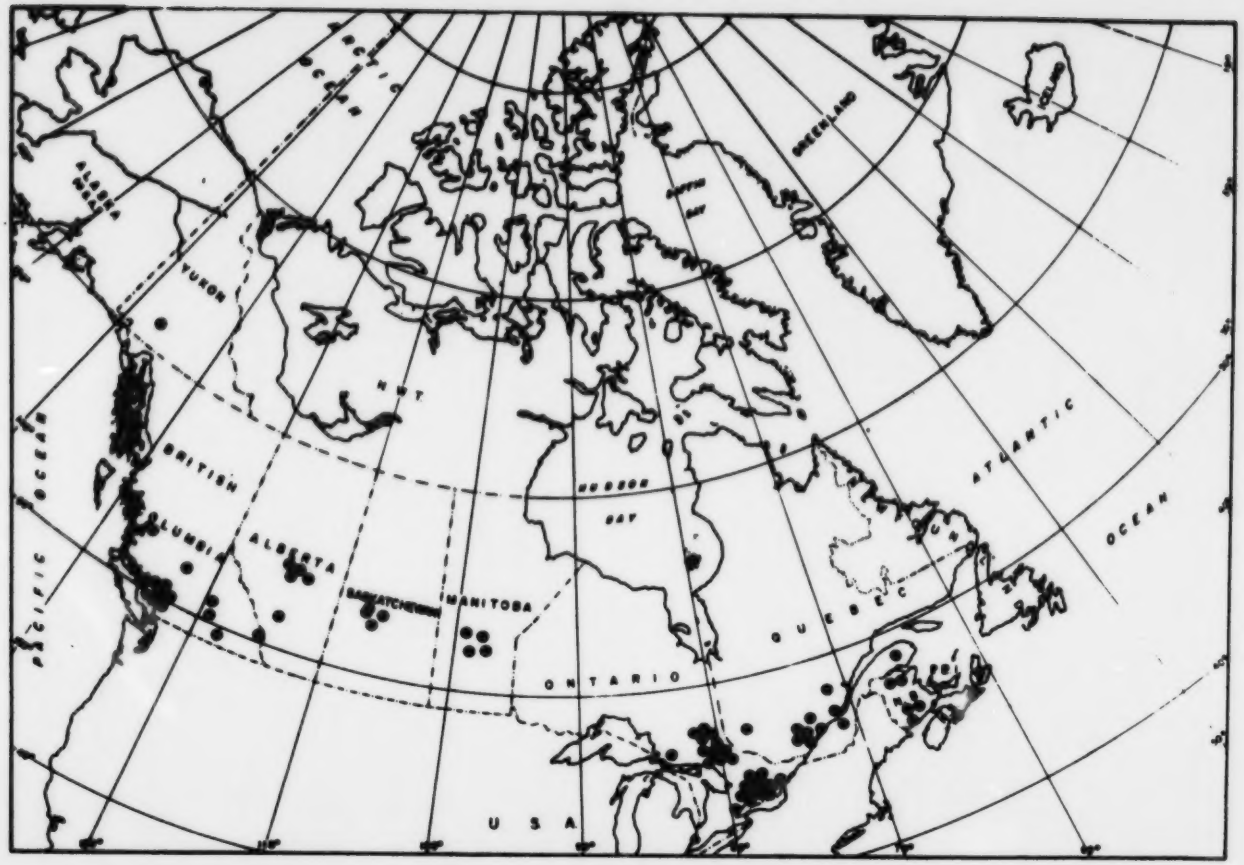



Fig. 1. Utilisation du logiciel SPOC au Canada

- Flament, F., Vanderstichelen, J., Laguitton, D. et Hodouin, D., "Tool assessment in expert system prototyping : The KEE expert system shell"; Actes de la Première conférence canadienne sur les applications de l'ordinateur dans l'industrie minérale; Québec; p. 565; mars 1988.

- **Projet 30.13.02 : Traitement du minerai de fer**
  **Chef de projet : W.H. Cameron**

**Objectifs :**

Maintenir la viabilité et la position concurrentielle de l'industrie canadienne du minerai de fer en procédant à l'identification et à l'étude de méthodes qui permettront une récupération accrue, une amélioration de la qualité et de la teneur des concentrés et des boulettes de minerai de fer, la réduction des dépenses au poste de l'énergie, le perfectionnement de la maîtrise des procédés et la réduction des répercussions d'ordre environnemental.

Il est devenu de plus en plus évident que, dans un marché d'acheteurs, le Canada ne peut plus prétendre qu'il pourra toujours faire face à la concurrence internationale. En effet, en raison des coûts élevés de la main-d'oeuvre et de l'énergie, l'utilisation des boulettes est devenue moins rentable que celle des produits frittés pour alimenter les hauts fourneaux. L'industrie canadienne du minerai de fer se retrouve donc dans une position, sur le plan de la concurrence, beaucoup moins favorable que par le passé. Il faut donc accroître les taux d'extraction, réduire les coûts énergétiques et améliorer la qualité des produits et l'efficacité des procédés.

**a) Liants de rechange pour le bouletage**

Des études ont été effectuées sur le bouletage de concentrés de minerai de fer du mont Wright et de Carol Lake avec remplacement partiel ou complet de la bentonite par plusieurs liants organiques. La carboxyméthylcellulose, l'hydroxyéthylcellulose et la gomme de guar modifiée donnent toutes des boulettes dont la résistance en condition mouillée, à vert et à sec est acceptable. Néanmoins, lorsqu'il y a substitution complète, un liant inorganique, comme le carbonate de calcium, est requis pour produire une résistance suffisante après durcissement.

**b) Boulettes agglutinées à froid**

Une cohésion acceptable a été obtenue dans le cas des boulettes produites par la technique d'agglutination à froid. Dans cette technique, des fines de concentrés de minerai de fer, des matières d'alimentation frittées et de l'hydroxyde de calcium sont combinés dans un mélangeur, et des boulettes sont produites par bouletage avec de l'eau. Après séchage partiel au four à 100 °C, jusqu'à un degré d'humidité d'environ 6 %, les boulettes sont durcies avec du $CO_2$. Un mélange comprenant 40 % en poids de matières d'alimentation frittées, 60 % en poids de fines de concentrés et 8 % en poids d'hydroxyde de calcium donne les boulettes les plus résistantes après une carbonatation de 72 h.

**c) Flottation des résidus de spirales de Wabush**

Des concentrés de fer ont été produits par flottation amine inverse avec des taux de récupération du fer atteignant 96 %. Malheureusement, 97 % du manganèse était aussi associé au concentré de fer. On a essayé d'appliquer la méthode de séparation magnétique haute intensité en vue de réduire la teneur en Mn du concentré. Malgré une amélioration nette, la teneur en Mn était encore trop élevée pour être acceptable. D'autres essais ont montré que 87 % du Mn appartenait à la fraction −325 M. Les meilleurs résultats obtenus étaient un concentré de Fe contenant 64,10 % de Fe, 1,23 % de Mn et 0,69 % de $SiO_2$, les taux de récupération de ces constituants étant de 77 %, 19 % et 36 % respectivement.

**d) Circuit de spirales de la Compagnie minière Québec Cartier**

On a analysé le comportement des minéraux du circuit de spirales de mont Wright en échantillonnant et en étudiant les matières d'alimentation, les concentrés et les résidus des spirales dégrossisseuses et des spirales finisseuses dans une branche d'usine. Des fractions granulométriques de chaque échantillon ont été analysées au moyen du système d'analyse d'image MP-SEM-IPS. Les techniques basées sur les quantités de minéraux, les taux de libération, les caractéristiques et les bilans massiques ont été utilisées pour déterminer un taux de récupération des métaux pour chaque circuit et un taux de récupération des minéraux pour chaque fraction granulométrique. L'effet d'un broyage plus fin sur la récupération des minéraux a ainsi été évalué.

**e) Prévision de la récupération du fer dans les débris d'abattage par trous de mine**

L'industrie effectue présentement cette prévision en séparant le minerai de la gangue soit par tablage par voie humide, soit par séparation en liquide dense, et en effectuant ensuite des études portant sur les éléments d'intérêt. Ces deux méthodes sont lentes et ennuyeuses et ne permettent pas de traiter des échantillons de débris assez gros pour être représentatifs. À ce jour, après avoir étudié différents types de méthodes et de matériel, on n'a trouvé aucune option de rechange meilleure que l'option actuelle.

**f) Concentrés qui perdent leur eau**

En vue de résoudre ce problème, on effectue présentement des essais dans lesquels de la mousse de tourbe est utilisée comme agent de rétention d'eau.

**g) Instrumentation des circuits**

On a rassemblé plus de 80 brochures de divers fabricants d'instruments en vue de déterminer quels types d'instruments "de série" sont disponibles. On est en train de mettre sur pied un sous-comité du "Comité du groupe de travail technique sur le minerai de fer" qui sera chargé de déterminer les instruments requis par l'industrie et les sites d'installation possibles de ces instruments en vue de leur évaluation sur une base de prêt-bail.

**h) Autres activités**

Deux réunions du Comité du groupe de travail technique sur le minerai de fer ont eu lieu, l'une à Wabush, au Labrador, le 22 septembre 1987, l'autre à Ottawa, le 22 janvier 1988, pour discuter des problèmes courants dans l'industrie.

**Contrats :**

- Demande 5-9196 EEM, "Increase of iron ore recovery". D.S. - M. Stefanski.

- Demande 6-9145 EEM, "To improve iron ore recovery at the Scully Mine, Labrador, Phase II and III". D.S. - M. Stefanski.

- Demande 6-9171 EEM, D.S. - "Evaluation of the Bass River Nova Scotia magnetite deposit Lodestone Limited". D.S. - W.H. Cameron.

- Demande 6-9187 EEM, "Iron ore binders, Part 2". D.S. - J.M.D. Wilson.

**Activités confiées à contrat à l'extérieur :**

- Programme d'aide à la recherche industrielle du Conseil national de recherches Canada – Entente n° CA 103–7–1202, "Improved iron recovery", à l'Iron Ore Company of Canada. D.S. – W.H. Cameron.

- Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie – Projet n° CRD–8709, "Optimizing sinter quality and productivity using specular hematite concentrates in Canadian sinter mines". Agent de liaison – W.H. Cameron.

**Rapports :**

- Kuriakose, A.K. et Quon, D.H.H., "Pelletizing of iron ore by partial or full substitution of bentonite by organic binders"; Rapport de division MSL 87–102 (TR).

- Quon, D.H.H. et Kuriakose, A.K., "Iron ore pellets requiring no induration"; Rapport de division MSL 87–150 (IR).

- **Projet 30.13.03 : Évaluation de matériel et de nouvelles techniques de traitement**
  **Chef de projet : D.G. Feasby**

**Objectifs :**

Concevoir le matériel d'essais scientifiques et de concentration des minéraux qui n'est pas encore disponible au Canada, et en faire l'acquisition et la démonstration.

**a) Traitement des minéraux**

La flottation en colonne a été choisie comme secteur prioritaire pour l'acquisition de matériel et l'élargissement des compétences. Un système automatisé basé sur le modèle USBM a été acheté et installé dans notre laboratoire. Les essais de mise en service débuteront en 1988–1989.

Les projets d'acquisition d'une tour de broyage, d'un séparateur à fluide magnétique et de systèmes d'électroflottation ont été repoussés ou annulés.

On a fait l'acquisition de deux instruments permettant de mesurer la taille des particules fines : un analyseur granulométrique Brinkman et un analyseur Malvern de potentiel zêta. Les deux instruments font appel à la technologie des lasers pour la mesure des tailles et sont équipés de micro–ordinateurs effectuant l'analyse des données. Le Brinkman peut mesurer des tailles de 150 à 1,5 µ, et le Malvern, des tailles comprises entre 5 µ et la taille des particules colloïdales. Ce dernier peut aussi mesurer le potentiel zêta dans un liquide choisi.

**b) Minéralogie**

**i) Diffractomètre à poudre automatisé**

Le diffractomètre à poudre automatisé (DPA) Rigaku est maintenant entièrement fonctionnel sur les plans de l'analyse quantitative et de l'identification. Le logiciel permettant l'analyse quantitative d'une

possibilité de cinq phases (qui sera fourni par le fabricant) n'est pas encore terminé, et certains aspects d'analyse organique ne sont pas encore au point. Cependant, l'instrument est précieux lorsqu'il faut effectuer des mesures précises de diffractogrammes de poudre et des tâches d'identification. C'est pour répondre à des demandes de cette nature qu'on a ajouté cette année un deuxième terminal, un Tektronix 4207. Ce DPA devrait être bientôt entièrement fonctionnel en ce qui concerne l'analyse qualitative et quantitative.

**ii) Microsonde protonique**

Les travaux de conception et de mise en service d'une microsonde protonique minéralogique, réalisés en collaboration avec le Department of Physics de l'University of Guelph ont connu un tel succès qu'on a réussi à produire sur une cible minérale un faisceau concentré de 5 x 5 µm avec un courant de 2 A. Des essais sont présentement effectués sur des étalons synthétiques produits par CANMET en vue de déterminer les paramètres analytiques. Une visite effectuée en janvier avec le personnel de la CGC a conduit à l'élaboration de plans visant l'intégration de la première microsonde protonique minéralogique canadienne à plusieurs projets au cours de l'exercice 1988–1989.

**iii) Propriétés thermophysiques des solides : système de mesure de la diffusivité thermique**

Des réchauffeurs par contact et par impulsions de rayonnement ont été conçus et fabriqués en vue de la mesure de la diffusivité thermique d'échantillons de 1 po de diamètre. Les réchauffeurs par impulsions se sont révélés très efficaces. Ils ont permis de réduire considérablement (en le faisant passer d'une demi–journée à quelques minutes seulement) le temps requis pour le montage de la colonne de l'échantillon. Les nouveaux réchauffeurs par impulsions ont aussi permis d'éliminer presque entièrement les interférences électriques et magnétiques.

**Publications :**

- Mirkovich, V.V., Gaal, P.S. et Kareis, J.H., "A computerized thermal diffusivity apparatus"; Rapport de division MSL 87–133 (OP&J), version préliminaire.

- **Projet 30.13.04 : Techniques améliorées pour la récupération de l'étain et des particules fines**
  **Chef de projet : M.A. Cristovici**

**Objectifs :**

Étudier les méthodes susceptibles d'améliorer la récupération des particules minérales fines et mettre au point des méthodes visant l'amélioration de la récupération de l'étain contenu dans les résidus de flottation de sulfures de métaux communs.

**a) Floculation sélective du minerai de tantale**

Des études portant sur des espèces à un seul minéral isolées d'un minerai de tantale ont montré qu'une suspension stable pouvait être obtenue à des pH supérieurs à 10.

On a étudié la stabilité de la suspension minérale en conditions de broyage fin et en ajoutant différentes quantités de divers agents de dispersion. Les meilleurs résultats, c'est–à–dire une stabilité de la suspension de 90 %, ont été obtenus pour un degré de broyage de 96 % –20 µm, une teneur en solides de 5 % dans la pulpe et un pH de 11, en utilisant 200 g/t de métasilicate de Na comme agent de dispersion.

On a ensuite traité la suspension stable avec différents floculants de façon à obtenir la concentration sélective des espèces du tantale. Les expériences de floculation sélective ont été réalisées dans des entonnoirs séparateurs munis de mélangeurs à vitesse variable. Une grande variété de floculants de différentes compositions chimiques ont été soumis à des essais. Cependant, aucun des floculants n'a présenté une tendance appréciable pour la concentration sélective du tantale. Le rapport de concentration du tantale dans le produit floculé ne dépassait pas 1,71 à un taux de récupération du Ta de 19 % seulement. Le plus haut taux de récupération du tantale était de 71 %, mais le rapport de concentration n'était alors que de 1,29 étant donné que plus de la moitié du minerai se retrouvait dans le produit floculé.

Il semble qu'il était impossible de produire une séparation efficace par floculation dans ce cas en raison de la faible teneur en minéraux utiles et de la complexité de la minéralisation du minerai.

**b) Flottation de l'étain au moyen de nouveaux réactifs**

La flottation de l'étain est difficile à réaliser et est rarement appliquée tant au Canada qu'à l'étranger. Récemment, les réactifs Briquest, un groupe de produits chimiques nouveaux, ont donné des résultats encourageants pour la flottation de l'étain. Briquest est le nom de commerce d'une famille d'organophosphonates commercialisés par la Albright and Wilson et utilisés par exemple pour l'élimination des dépôts et la prévention de la corrosion, la flottation du minerai, la dispersion et la stabilisation des solutions.

On a commencé une étude visant à choisir parmi les réactifs Briquest disponibles sur le marché les collecteurs qui conviennent le mieux pour la flottation de l'étain. Un échantillon de minerai contenant 0,2 % de Sn a été utilisé à cette fin. Une étude minéralogique d'un minerai broyé a montré qu'on peut prévoir une bonne libération de l'étain à un degré de broyage inférieur à −38 µm.

Une machine de flottation Nagahm a été utilisée pour la sélection des meilleurs collecteurs. Cette machine comprend un rotor de forme spéciale qui crée une agitation intense et produit une importante quantité de fines bulles d'air bien dispersées dans la pulpe. L'apport de ce type de bulles d'air est essentiel pour la flottation des particules fines.

Le réactif Brisquest 2N 81 − 25 S s'est révélé le collecteur le plus efficace pour cette application. Ce réactif est un phosphonate soluble dans l'eau comprenant une chaîne hydrocarburée libre à une extrémité. Il est adsorbé aux interfaces solide/eau, et on considère que le groupement aminobisméthylènephosphonate rend l'adsroption sélective pour les minéraux d'étain.

À un degré de broyage inférieur à −38 µm et un pH de 5, un concentré d'étain contenant 0,62 % de Sn a été obtenu à un taux de récupération d'environ 78 %.

D'autres essais sont requis en vue de valoriser le concentré d'étain.

S'ils sont concluants, les résultats de cette étude pourront être utilisés pour valoriser d'autres sources minérales à faible teneur en étain.

**c) Conception d'une nouvelle cellule d'électroflottation**

On a conçu un système réservoir–électrode de configuration spéciale. On a convenu qu'un réservoir de 2 litres ayant un haut effilé et un fond en "V" à 45 avec une électrode de 4 po de diamètre de chaque

côté du "V" serait adéquat. Ce montage donnerait une surface d'électrode de 81,1 cm/L, soit 5,12 fois plus que le premier prototype de 4 L. De plus, en effilant le réservoir vers le haut, il est possible de maintenir un rapport surface de moussage/volume raisonnable de 39,5 cm/L dans le cas du prototype de 4 L. Toutefois, il reste de nombreux problèmes de conception à résoudre avant qu'une machine viable et sûre utilisable à 100 °C puisse être produite. Le projet a été laissé en suspens en raison de la priorité accordée à d'autres activités.

**Contrat :**

- Demande 6-9062, "Characterization and application of new organic depressants for the selective flotation of sulphide ores", Lakefield Research. D.S. - A.I. Stemerowicz.

**Rapport :**

- Cristovici, M.A. et McCarthy, D.R., "Investigation to remove the sulphides from Kidd Creek mill tailing prior to cassiterite flotation"; Rapport de division MSL 87-71 (IR).

- **Projet 30.13.05 : Modèles de libération/flottation**
  **Chef de projet : W. Petruk**

**Objectifs :**

Élaborer un modèle qui permette de prévoir la libération des minéraux réalisable pour divers degrés de broyage et divers types de minerai et intégrer ce modèle de prévision aux modèles de broyage et de flottation élaborés à CANMET dans le cadre du programme SPOC. Plusieurs modèles de libération, basés sur la distribution granulométrique des minéraux dans des minerais non broyés, ont été proposés, mais, dans plusieurs cas, la libération effectivement observée ne correspond pas à celle qui était attendue. Il faudra donc déterminer les caractéristiques fondamentales qui influent sur la libération avant de pouvoir élaborer un modèle.

On a constaté, durant les premiers stades de l'étude, qu'en utilisant le modèle de libération de Finch et Petruk (1984) on observe une étroite corrélation entre les libérations observée et prévue de la sphalérite des minerais de métaux communs (Petruk, 1987), mais non dans le cas de la chalcopyrite et de la galène. Les travaux ultérieurs ont indiqué que ce phénomène est attribuable au fait que la sphalérite contenue dans le minerai soumis à des essais se présente en grande partie sous forme de grains distincts, et sa libération peut donc être prévue d'après la distribution granulométrique de la sphalérite contenue dans le minerai non broyé. Par contre, la chalcopyrite et la galène se trouvent principalement dans des interstices, dans la pyrite; leur libération peut donc dépendre de la fragmentation de la pyrite.

Une étude sur le minerai de métal commun du gisement Brunswick n° 12 a été effectuée. Elle consistait à : 1) déterminer les distributions granulométriques de la pyrite, de la sphalérite, de la galène et de la chalcopyrite dans un minerai de métal commun non fragmenté, 2) broyer le minerai pendant des périodes différentes, et 3) déterminer les caractéristiques de libération et les distributions granulométriques des particules dans les produits broyés. On a constaté que le mode de fragmentation est fortement influencé par le comportement de la pyrite. Des distributions granulométriques similaires ont été obtenues pour le matériau résultant d'un broyage de 15 minutes dans un broyeur à boulets de laboratoire, pour le matériau à la sortie d'un circuit de broyage commercial et pour les grains de pyrite dans le minerai non fragmenté. Cette similitude indique que le broyage de 15 minutes fragmente les grains de pyrite faiblement liés suivant

les limites des grains et représente la limite de la fragmentation facile du minerai. Ce type de broyage libère de gros grains séparés de minéraux et des grains de minéraux faiblement liés présents dans les interstices de la pyrite. D'autre part, le broyage de 15 minutes ne libère pas les grains de minéraux moyennement liés ni les minéraux interstitiels moyennement liés contenus dans la pyrite. Il faut un broyage de 45 minutes dans un broyeur à boulets de laboratoire. On considère, dans le cas du minerai Brunswick n° 12, qu'un broyage de 45 minutes dans un broyeur à boulets de laboratoire est équivalent à un deuxième broyage dans un broyeur commercial. Un broyage dépassant 45 minutes dans un broyeur à boulets de laboratoire fragmente le minerai en fracturant la pyrite perpendiculairement aux limites des grains et en découpant les bords des grains. Un broyage aussi intense n'augmente pas de façon appréciable la libération de la sphalérite du minerai Brunswick n° 12 puisque la plus grande partie de la sphalérite libérable a été libérée lors du broyage de 45 minutes. Par contre, le broyage intense augmente la libération de la galène étant donné que ce constituant se présente dans une grande proportion sous forme de menues inclusions dans la pyrite. Ces résultats montrent que la fragmentation du minerai et la libération correspondante dépendent de la distribution granulométrique, de l'enchevêtrement et du mode de répartition des minéraux dans un minerai.

**Contrats :**

- Demande 4-9232 EEM, "Mineralogical studies of potash deposits", Conseil de la recherche et de la productivité du Nouveau-Brunswick. D.S. - W. Petruk.

- Demande 4-9235 EEM, "To determine mineralogical characteristics that affect the behaviour of copper, zinc, lead, silver and gold in copper, zinc and lead concentrates from Cu/Zn/Pb ores in Manitoba, Phase (1a) mineralogical characteristics of Trout Lake ore, Phase (1b) behaviour of Trout Lake ore during beneficiation", Hudson Bay Mining and Smelting Co. D.S. - W. Petruk.

**Publications :**

- Finch, J.A. et Petruk, W., "Testing a solution to King liberation model"; Int. J. Mineral Processing 12:305-311; 1984.

- Petruk, W., "Predicting mineral liberations in ores and mill products and effect of mineral textures and grinding methods on mineral liberation"; Process Mineralogy VI, AIME, New York; 1987.

- Petruk, W. et Smith, M.M., "Ore characteristics that affect breakage during grinding"; proposé au CIM Bull.

- Petruk, W., "Ore characteristics that affect breakage and mineral liberation during grinding"; Proceedings of the 20th Annual Meeting , Minéralogistes canadiens; ICM; 1988.

- **Projet 30.13.06 : Enrichissement des minerais complexes**
  **Chef de projet : A.I. Stemerowicz**

**Objectifs :**

Mettre au point des méthodes de concentration applicables à différents types de minerais de métaux précieux et minerais métalliques complexes qui ne sont pas mis en valeur soit en raison d'un enchevêtrement à grains très fins entre les minéraux, soit en raison d'un regroupement unique de minéraux moins courants pour lesquels on n'a pas élaboré de méthodes de concentration.

**a) Concentration du minerai d'argent à cuivre–plomb–zinc de Kidd Creek**

En raison de maladie et d'autres priorités (récupération des coûts), la mise en marche de ce projet a été reportée à février 1988.

**Enrichissement – Minéraux industriels**

- **Projet 30.21.01 : Économie de l'énergie dans le traitement des minéraux industriels**
  **Chef de projet : F.R. Campbell**

**Objectifs :**

Mettre au point des techniques pour réduire la quantité d'énergie par unité de production dans le secteur des minéraux industriels.

Les coûts de l'énergie comme facteur de production sont plus élevés dans le secteur des minéraux industriels que dans n'importe quel autre. Dans certaines industries, notamment dans celles du ciment, de la chaux et du gypse, le coût de l'énergie représente environ la moitié des coûts de production. Bien que la situation se soit un peu améliorée depuis l'époque du pétrole à bon marché, pour aller plus loin il faut concevoir de meilleurs appareils, modifier les procédés, utiliser d'autres sources d'énergie, trouver des produits de remplacement nécessitant moins d'énergie et optimiser les flux d'énergie. Pour ce faire, il faut entreprendre des activités de recherche et de développement afin d'optimiser les conditions de traitement.

Ce projet comprend des travaux dans trois grands domaines : a) comminution, b) cuisson des produits argileux, et c) utilisation de constituants secondaires de cimentation dans le béton.

Le soutien nécessaire à la réalisation du projet vient dans une large mesure du programme de recherche et de développement sur l'énergie du gouvernement fédéral, sous l'égide du Groupe de recherche et de développement sur l'énergie. La majeure partie des travaux sont effectués par des entrepreneurs, en vertu de contrats.

**a) Comminution**

La réduction de la grosseur des particules des matières extraites pour répondre aux exigences du traitement ou de l'utilisation finale est l'étape qui demande le plus d'énergie dans le traitement d'un grand nombre de minéraux industriels.

Les premières phases de ce projet ont permis de créer une base de données sur les méthodes de comminution actuellement utilisées pour dix minéraux industriels communs, ainsi qu'une méthode de surveillance applicable aux circuits de comminution. La phase III, qui a débuté en 1985–1986, devrait permettre l'élaboration, à la lumière d'essais en installations pilotes, d'un devis détaillé des exigences techniques applicables à l'adoption de techniques de comminution de pointe dans l'industrie minéralurgique canadienne. Cette phase sera terminée en 1988 et elle sera suivie d'une démonstration des techniques nouvelles les plus importantes.

La phase III comprend les éléments suivants :

i) évaluation de classificateurs à rendement élevé;
ii) évaluation de l'utilisation des classificateurs dans l'industrie du ciment;

iii) utilisation d'aides de broyage;
iv) utilisation d'analyseurs granulométriques en cours d'exploitation;
v) comminution humide de l'amiante;
vi) broyage autogène du quartzite; et
vii) essais en usine-pilote du contrôle en circuit de la taille des particules dans un circuit de broyage de clinker.

De ceux-ci, cinq ont été menés à terme avant le début de la période visée par le présent rapport. L'évaluation de l'utilisation des classificateurs dans l'industrie du ciment a été terminée pendant la période visée. Un rapport portant sur ce sujet a été produit et un séminaire a été présenté au personnel de CANMET et à des représentants de l'industrie du ciment. Les activités relatives au dernier élément (essais en usine-pilote du contrôle en circuit de la taille des particules) ont commencé au cours de la période et seront terminés en 1988. Un rapport final sera alors préparé et un résumé des résultats sera présenté dans un certain nombre de rencontres publiques.

Les résultats indiquent que les classificateurs à rendement élevé, l'analyse granulométrique en cours d'exploitation et les aides de broyage pourraient réduire de façon appréciable le coût de l'énergie utilisée pour la comminution et accroître le rendement dans de nombreuses installations de traitement des minéraux industriels. Pendant la période visée par le rapport, des discussions ont eu lieu en vue d'élaborer un projet de démonstration (phase IV) qui combinerait ces éléments dans un nouveau circuit de broyage de clinker. Le projet serait vraisemblablement réalisé sur une base de partage des coûts entre la société hôte, EMR et un gouvernement provincial.

**b) Cuisson des produits argileux**

La cuisson des produits argileux est un procédé industriel qui doit se faire à des températures très élevées et qui nécessite donc beaucoup d'énergie. Les améliorations qui permettent d'accroître l'efficacité thermique de ce procédé ou de réduire les températures ou les durées de cuisson peuvent entrainer des économies d'énergie appréciables.

L'utilisation d'épurateurs pour réduire les émissions de fluorure des fours à briques réduit le rendement thermique du procédé de cuisson au four. Une étude financée par CANMET a permis de déterminer divers programmes de cuisson et divers additifs, ou des combinaisons des deux, pouvant être utilisés comme solutions de rechange. Toutefois, lors des essais, aucune des approches ne s'est révélée efficace de façon générale. CANMET et la Canada Brick effectuent conjointement des études visant à déterminer avec plus de précision le mécanisme de rejet avant de définir une approche plus rigoureuse du problème.

Dans une autre étude financée par CANMET, on a identifié de nouveaux mélanges réfractaires qui permettraient la cuisson à de températures beaucoup plus basses dans la fabrication de moules destinés au coulage des alliages métalliques. Une entente de financement conjoint a été conclue avec un fabricant de pièces coulées en alliages en vue de perfectionner ce procédé au point de le rendre commercialisable à pleine échelle. Le projet commencera en 1988.

**c) Constituants secondaires de cimentation**

Les résultats de cet élément du projet sont présentés avec ceux du projet 30.37.01 – Rendement et durabilité des bétons contenant des constituants secondaires de cimentation – qui lui est très apparenté.

**Contrats :**

- Demande 4-9263, "Energy conservation in comminution of industrial minerals Phase III : Development of pilot plant systems". Ciments Lafarge Canada Ltée. D.S. – T. Cienski.

- **Projet 30.21.02 : Études sur l'enrichissement et le broyage de certains minéraux industriels**
  **Chef de projet : R.K. Collings**

**Objectifs :**

Mettre au point et améliorer des méthodes permettant de récupérer, dans des gisements de minéraux industriels déterminés, des minéraux et des produits minéraux susceptibles d'être vendus sur des marchés précis, et, notamment, des méthodes améliorées applicables à la production et au classement des matières minérales ultra-fines destinées à des utilisations spéciales, notamment en matière de remplissage et d'extension.

L'intérêt accru pour la récupération et l'utilisation des minéraux industriels a mené à l'élaboration d'un projet axé sur le perfectionnement des techniques de traitement, en particulier du broyage fin et de la classification. Le Laboratoire des minéraux industriels a été muni de nouveau matériel, et des essais ont été effectués sur une variété de minéraux industriels. On prépare présentement des rapports sommaires concernant les études antérieures et actuelles sur l'enrichissement à CANMET des minéraux industriels importants.

**i) Silice**

On a préparé un résumé d'une étude interne des ressources canadiennes de silice, réalisée en collaboration avec les différents gouvernements provinciaux. On a terminé une étude de la réduction du grès Potsdam à sa grosseur de grain naturelle dans un broyeur par frottement Szeqvari (Union Process). Cette étude a permis de démontrer la faisabilité technique de l'utilisation de cet appareil en tant que broyeur secondaire ou tertiaire à un seul étage pour réduire le grès Potsdam à sa grosseur de grain inhérente.

La publication du rapport sommaire sur la silice, "Silica in Canada", est prévue pour mai 1988.

**ii) Barytine, célestine et fluorite**

On a presque terminé la préparation d'un rapport sommaire sur chacun des trois minéraux. Une petite étude de la concentration par gravité a été effectuée sur un échantillon de barytine provenant des environs de Thunder Bay.

**iii) Kaolin**

Des travaux d'enrichissement complémentaires ont été effectués sur une carotte du gisement de kaolin-silice de l'île Black au Manitoba.

**iv) Potasse**

Les travaux sur l'enrichissement de la potasse à sec (méthodes magnétiques et électrostatiques) se sont poursuivis. La séparation magnétique à gradient élevé (2 teslas) peut éliminer les matières insolubles paramagnétiques, mais la rentabilité en grandeur réelle n'est pas encore démontrée. Le tétrachlorure de titane est un sel qui offre des possibilités d'amélioration de la séparation des chlorures par méthode électrostatique.

**v) Graphite**

Des essais d'enrichissement portant sur plusieurs gisements ont commencé et un rapport sommaire est en cours de préparation.

**vi) Mica**

Un important programme d'enrichissement portant sur une muscovite a été mené sur une base de récupération des coûts.

**vii) Amiante**

Les activités de R et D sur l'amiante ont été axées au cours de l'année financière 1987–1988 sur quatre secteurs : 1) mesures de concentration des fibres; 2) broyage humide; 3) caractérisation des fibres; et 4) évaluation des produits d'amiante–ciment. Les travaux dans ces secteurs ont été confiés à contrat à : 1) Metrex Ltd, qui a mis au point un moniteur portatif capable de mesurer des concentrations de particules en suspension dans l'air aussi faibles que 0,5 fibre/cm3; 2) Cassiar Asbestos, qui, avec l'aide de CANMET et du CNRC, a exploité un circuit de broyage humide d'une capacité de 1 t/h permettant de récupérer les fibres de groupe 4 à partir de résidus; 3) l'Université de Sherbrooke, qui a déterminé, par méthodes microscopiques et méthodes QAMA normalisées, les caractéristiques de fibres broyées par voie humide et par voie sèche, et qui a poussé plus loin la mise au point d'un dispositif de mesure rapide de la longueur de fibres mouillées; et 4) CERAM/SNA de Sherbrooke, qui a produit des tuyaux et des feuilles d'amiante–ciment de qualité supérieure à partir de fibres broyées par voie humide plutôt que de fibres d'amiante du groupe 4 broyées par voie sèche.

CANMET a accepté de participer au comité de recherche et développement de l'Institut de l'amiante qui a été créé récemment, et il participe à des travaux de détermination et de mise sur pied de projets visant la mise au point de produits nouveaux, l'amélioration des conditions en matière de santé et d'environnement, de même que l'amélioration des procédés.

**viii) Pierre de construction**

On observe un intérêt grandissant pour la pierre de construction architecturale et la pierre agglomérée au Canada. Un grand nombre de demandes de renseignements concernant les ressources et les techniques de production canadiennes ont été reçues de producteurs, de producteurs potentiels, d'experts–conseils et de représentants du gouvernement. Certains essais ASTM ont été effectués pour le compte de divers clients sur différents produits à base de pierre.

**ix) Chromite**

En rapport avec les recommandations formulées dans le cadre de l'Entente sur l'exploitation minérale conclue avec le Manitoba, on effectue la flottation/concentration par gravité en usine–pilote de la chromite du gisement de la rivière aux Oiseaux. Le concentré produit sera aussi utilisé comme étalon analytique et sera réduit au cours d'essais dans le four à plasma. Le personnel de CANMET participe activement à une étude en vue de la production d'acier au chrome.

**x) Autres minéraux**

Des études d'enrichissement ont été effectuées sur des échantillons de wollastonite provenant de deux gisements, et sur du grenat, de la sillimanite, de la staurolite et du feldspath. Une étude en usine–pilote de l'enrichissement avec broyage fin d'un minerai de talc du Québec a aussi été menée à terme.

**xi) Broyage fin/classement granulométrique**

Un contrat visant à déterminer la faisabilité technique de la modification chimique de la surface de quatre minéraux pendant le broyage a été confié à la Fondation de recherches de l'Ontario. Les travaux internes n'ont pas été aussi importants que prévu : ils ont été limités à une étude de classement granulométrique avec le classificateur Raymond et à un broyage fin d'anhydrite effectué en tant qu'activité de soutien à un projet de l'EEM conclue avec la Nouvelle–Écosse.

**Contrats :**

- Demande 6-9163 EEM, "Preparation and evaluation of certain N.S. industrial minerals for use in fillers, extenders and chemicals", Magstone Development Inc. D.S. - R.K. Collings.

- Demande 7-9005 EEM, "Study of the production of barium chemicals from the Lake Ainslie Barite deposit". D.S. - D.G. Feasby.

- Demande 7-9049 EEM, "Evaluation of the production of potassium phosphate fertilizer in Eastern Canada". D.S. - D.G. Feasby.

- Demande 7-9035 EEM, "Investigation of the use of anhydrite - Phase I". D.S. - D.G. Feasby.

- Demande 4-9232 EEM, "Mineralogical studies of potash deposits". D.S. - W. Petruk.

- Demande 6-9147 EEM, "Prefeasibility study on the economics of the Bird River chromite deposits". D.S. - P. Andrews.

- Demande 7-9149 EEM, "Market evaluation for production of stainless steel and chromium chemicals". D.S. - P. Andrews.

- Demande 7-9189 EEM, "Heavy media separation of potash - Phase II". D.S. - D.G. Feasby.

- Demande 7-9226 EEM, "Dry magnetic separation of potash ore - Phase II". D.S. - D.G. Feasby.

- Demande 6-9122 EEM, "Offshore product quality". D.S. - D.G. Feasby.

- Demande 7-9221, "Offshore product quality - Phase II". D.S. - D.G. Feasby.

- Demande 7-9220, "Long term management of potash tailings". D.S. - D.G. Feasby.

**Rapports :**

- Collings, R.K., Lavallée, M. et Szabo, E.I., "Sandstone reduction by attritor grinder : Product evaluation as foundry sand"; Rapport de division MSL 87-138 (IR).

- Andrews, P.R.A. et Collings, R.K., "Canadian silica resources : Processing studies at CANMET"; Rapport de division MSL 87-86 (J), version préliminaire.

- Collings, R.K. et Andrews, P.R.A., "Summary Report No. 1 : Barite in Canada"; Rapport de division MSL 87-107 (R).

- Collings, R.K. et Andrews, P.R.A., "Summary report No. 2 : Celestite in Canada"; Rapport de division MSL 88-1 (R).

- Collings, R.K. et Andrews, P.R.A., "Summary Report No. 3 : Fluorite in Canada"; Rapport de division MSL 88-15 (R).

- Andrews, P.R.A. et Jackman, I., "Laboratory and pilot-plant beneficiation of chromite ore from Bird River, Manitoba"; Rapport de division MSL 87-8 (OP&J), version préliminaire.

- Andrews, P.R.A., "Beneficiation of two samples of zeolite"; Rapport de division MSL 87-20 (IR).

- Andrews, P.R.A., Pearse, G.H.K. et Burt, R.O., "Product and market evaluation of a rubidium feldspar from Bernic Lake, Manitoba"; Rapport de division MSL 87-55 (OP&J).

- Andrews, P.R.A., Lamothe, J.M. et Joe, R.D., "Instructions for the use of a sedigraph 5000 ET particle size analyzer, with an Apple IIe computer"; Rapport de division MSL 87-61 (TR).

- Andrews, P.R.A. et Kelly, W., "Preliminary assessment of wollastonite from Marble Mountain area, Nova Scotia"; Rapport de division MSL 87-63 (IR).

- Andrews, P.R.A. et Morin, L., "Further flotation beneficiation studies on a sample of kaolin from Black Island, Manitoba"; Rapport de division MSL 87-74 (IR).

- Andrews, P.R.A. et Rouleau, J.P., "Laboratory and pilot-plant beneficiation of talc ore from Bakertalc, Highwater, Quebec"; Rapport de division 87-120 (IR).

- Andrews, P.R.A., "Separation of garnet and sillimanite from an anthophyllite gneiss, from the Star Lake - Elken Lake area, Manitoba"; Rapport de division MSL 87-121 (IR).

- Andrews, P.R.A., "Beneficiation of two drill core samples of kaolinised sand from Black Island, Manitoba"; Rapport de division MSL 87-142 (IR).

- Andrews, P.R.A. et O'Shaughnessy, D.P., "Economic assessment of the Bird River chromite deposits"; Rapport de division MSL 87-143 (OP&J), version préliminaire.

- Andrews, P.R.A. et Kelly, W., "Beneficiation of a sample of staurolite from Barrie Township, South-eastern Ontario"; Rapport de division MSL 87-154 (IR).

<u>Traitement - Céramiques</u>

- **Projet 30.29.01 : Préparation et caractérisation de matériaux céramiques avancées**
  **Chef de projet : R.A. Wheat**

**Objectifs :**

Élaborer des techniques de fabrication et d'exploitation de divers matériaux céramiques avancés destinés à des applications fonctionnelles et structurales et en démontrer les applications prometteuses par des mesures de transfert technologique.

Ce projet reflète l'intérêt commercial grandissant accordé à l'utilisation de matériaux céramiques dans les applications fonctionnelles (électriques, magnétiques, optiques, etc.) et structurales. Les applications fonctionnelles ont trait notamment aux capteurs de toutes sortes, aux transducteurs utilisés dans les essais non destructifs, aux batteries à forte densité d'énergie qui alimentent les véhicules électriques, aux pompes ioniques et aux piles à combustible. Les applications structurales sont basées sur des céramiques très résistantes, durcies, qui résistent à l'usure, à la corrosion et aux températures élevées, et qui sont destinées à diverses applications, notamment dans des turbines à gaz où les températures sont extrêmement élevées, dans des pièces de moteurs à combustion interne, dans des échangeurs de chaleur où circulent des matières corrosives et érosives, dans des outils de coupe et dans des paliers à contact.

**a) Mise au point d'alumines bêta" pour utilisation à des fins de stockage et de conversion de l'énergie**

Les travaux de R et D internes relatifs à cet élément de projet ont à toute fin pratique été menés à terme pendant l'exercice 1987–1988. Les principaux efforts ont été consacrés à préparer des rapports sur les divers aspects du travail effectué en matière de mise au point et de caractérisation des alumimes bêta et à aider deux sociétés canadiennes qui produisent et utilisent maintenant ces matières : Magna International, Markham {batterie à sodium–soufre pour véhicules électriques} et Almax Industries, Lindsay {générateur thermoélectrique}, au besoin.

**b) Mise au point de conducteurs isotropes d'hydrogène**

Les zirpsios (Nasicons) conducteurs isotropes d'hydrogène produits au moyen d'un procédé breveté et décrits dans le rapport de l'an dernier ont été fournis à l'Énergie atomique du Canada limitée et à Ontario Hydro, qui évalueront leurs possibilités d'utilisation dans l'électrolyse de la vapeur et le pompage de l'hydrogène et de ses isotopes. Ils ont aussi été fournis à un certain nombre de groupes de recherche du Danemark, du Mexique, de l'Italie, du Japon, de l'Allemagne et d'Israël en vue d'autres applications, notamment dans des capteurs et des systèmes de synthèse électrochimique.

Pendant l'année, une grande partie des travaux de R et D internes ont porté sur la caractérisation du comportement d'électrodes déposées sur ces matières en conditions d'exploitation. Ces travaux comprenaient l'étude de cellules par analyse spectrale d'impédance, de même que la mise au point d'un système commandé par ordinateur pour l'étude du comportement des électrodes basée sur la mesure et l'analyse de la décroissance de tension transitoire qui se produit aux deux électrodes de la cellule à la suite d'une interruption de courant. À partir de ces analyses, il est possible de déterminer les constantes de temps des différents phénomènes qui se produisent aux électrodes.

**c) Mise au point d'éléments piézoélectriques destinés à des transducteurs utilisés dans des essais non destructifs**

Une des restrictions liées à l'utilisation de céramiques dans un champ à contrainte élevée (électrique ou mécanique) est l'effet nuisible des défauts de microstructure, par exemple pores, stratifications et microfissures. Avec la croissance rapide de l'exploitation commerciale des matières céramiques structurales, il devient de plus en plus important de qualifier les produits pour le service. Les défauts secondaires très petits (< 50 µm) peuvent être détectés et caractérisés au moyen d'un faisceau ultrasonique haute fréquence.

Étant donné la fragilité beaucoup plus grande des matières céramiques, il est nécessaire de détecter les défauts qui sont environ un ordre de grandeur plus petits que les défauts critiques dans les métaux. Toutefois, comme pour toutes les techniques basées sur les rayonnements, la résolution est fonction de la longueur d'onde utilisée pour analyser l'échantillon. C'est pourquoi des transducteurs à haute résolution sont requis pour l'étude des matières céramiques structurales.

Le rendement de ces transducteurs dépend, en partie, des propriétés électriques de l'élément céramique piézoélectrique qui est la composante active fondamentale. À fréquence élevée, il est souhaitable de réduire la constante diélectrique, et pour obtenir un bon rapport signal/bruit, il est souhaitable d'accroitre le coefficient de couplage de modes en fonction de l'épaisseur. Pour réduire les autres signaux nuisibles, il est recommandé de placer un matériau amortissant efficace à l'arrière du transducteur afin d'éliminer le signal se propageant vers l'arrière et de diminuer ou éliminer le couplage radial afin d'empêcher la propagation de signaux latéraux.

Pendant l'année, des matières à base de titanate de plomb ont été synthétisées et frittées, et leurs caractéristiques électriques et microstructurales ont été déterminées. On a élaboré des compositions particulières présentant une constante diélectrique inférieure à 200, un couplage plan dépassant 44 % et un couplage radial nul. Par le biais d'un programme réalisé en collaboration avec la BM Hi Tech Inc., de Collingwood, une de ces matières a pu être commercialisée à la fin de 1987, et des transducteurs fonctionnant à une fréquence fondamentale de 50 Mhz et comprenant ces matières ont pu être utilisés dans des essais non destructifs.

**d) Mise au point de céramiques résistantes**

Bien que les céramiques aient en général une grande résistance et résistent bien à l'usure, leur utilisation est limitée par leur fragilité. L'une des techniques offrant la possibilité de surmonter ce problème consiste à améliorer la résistance à la rupture par l'addition de zirconia.

Le programme visant à mettre au point des céramiques durcies à la zirconia destinées à des applications structurales s'est poursuivi. Une partie de ce progamme est réalisée dans nos laboratoires et une partie est confiée à contrat à l'Electrofuel Manufacturing Company, de Toronto. Différentes alumines alpha durcies à la zirconia ont été préparées à partir d'une variété de matières de départ. Pendant l'année, l'intérêt commercial grandissant accordé à cette matière est devenu évident. Au début de 1988, trois sociétés canadiennes avaient manifesté leur intérêt pour la commercialisation de ces matières.

Pendant l'année, on a étendu le programme interne afin d'y inclure l'activité de mise au point de la mullite durcie ($3Al_2O_3.2SiO_2$), une matière reconnue pour avoir une résistance aux chocs thermiques beaucoup plus élevée que celle de l'alumine alpha. Les donnée préliminaires montrent que le module de rupture (> 300 MPa) de la matière produite par CANMET est le plus élevé qui soit connu. Nous remercions les membres de l'ancien Laboratoire de recherche en métallurgie physique de CANMET (aujourd'hui le Laboratoire de la technologie des métaux) pour leur collaboration et leur aide dans la réalisation de ces programmes.

**e) Synthèse du carbure de silicium**

Au cours de l'année, on a déterminé les paramètres de la synthèse d'une poudre de carbure de silicium bêta submicrométrique présentant une surface grande et contrôlée de l'ordre de 10 à 25 m/g. La poudre est exempte de toute phase alpha détectable (par diffraction des rayons X). Des lots de 100 à 200 g de poudre ont été fournis à plusieurs sociétés canadiennes pour qu'elles puissent effectuer leur propre évaluation.

**f) Mise au point de poudres fines**

Au cours des dernières années, on a observé un changement majeur sur le plan des matières premières utilisées dans l'industrie des céramiques : des charges complètes de poudres de très grande pureté et de taille submicrométrique sont maintenant disponibles sur le marché et sont abondamment utilisées. Un nitrure de silicium produit par la décomposition de l'imide de silicium et offert par la Tokyo Soda (Japon) est un exemple de cette nouvelle voie et donne une indication de ce que réserve l'avenir dans ce domaine.

Pour l'instant, ces matières sont encore relativement dispendieuses, et la place qu'elles occupent sur le marché est limitée. Cependant, elles peuvent représenter une importante valeur ajoutée dans le traitement des céramiques sans être utilisées en grande quantité pour produire des corps monolithiques, p. ex. comme revêtements de diélectriques ou d'éléments structuraux, comme poudres très fines pour lier des céramiques et soit comme poudres ou leurs précurseurs pour durcir les surfaces de céramiques structurales en vue d'accroître leur résistance à l'usure et à l'impact.

En raison de ces applications à valeur ajoutée élevée qui demandent le minimum de matière, un programme a été mis sur pied en 1987 en vue de produire des poudres "nano" tant par procédé hydrothermique que par décomposition de précurseurs organo–métalliques. Le premier objectif du programme est l'utilisation de zirconia tétragonale très fine comme agent de durcissement dans les céramiques résistantes à l'usure plus courantes, telles l'alumine et la mullite, qui ont un marché bien établi de plus d'un milliard de dollars par année.

**g) Soutien technique à d'autres ministères qui financent des activités de recherche et développement portant sur les céramiques**

En raison de son expertise, CANMET a dispensé des conseils techniques à divers secteurs d'EMR et du CNRC pour l'exécution des contrats suivants :

| | |
|---|---|
| – Conduction superionique dans l'oxyde de bismuth | A.K. Kuriakose<br>EMR, PARI |
| – Mise au point d'une batterie à haute densité d'énergie | T.A. Wheat<br>CNRC, PARI |
| – Durcissement et accroissement de la résistance de céramiques haute performance | A.K. Kuriakose |
| – Technologie des joints hermétiques | S.S.B. Wang<br>CNRC, PARI |
| – Mise au point de batteries | T.A. Wheat<br>EMR, PARI |
| – Mise au point de céramiques perfectionnées à haute densité | T.A. Wheat<br>CNRC, PARI |
| – Poudres céramiques de morphologie contrôlée | T.A. Wheat<br>CNRC, PARI |

**Contrats :**

- DSS 03SQ.23440–5–9117, "Energy efficiency of kilns – Structural clay products fluoride emissions", Pollutech, Ltd., Oakville. D.S. – A.K. Kuriakose.

- DSS 07SQ.23440–5–9186, "Energy conservation in investment casting using Canadian industrial minerals", Designed Precision Castings, Toronto. D.S. – A.K. Kuriakose.

- DSS 06SQ.23440–6–9100, "Development of tough ceramics", The Electrofuel Manufacturing Company, Toronto. D.S. – A.K. Kuriakose.

- DSS 15SQ.23440–6–9102, "High resolution ultrasonic transducers for non–destructive evaluation", BM Hi–Tech Inc., Collingwood. D.S. – T.A. Wheat.

- DSS 01SQ.23440–6–9144, "Analytical interpretation of protonic solid electrolyte/electrode polarization on devices", The Electrofuel Manufacturing Company, Toronto. D.S. – J.D. Canaday et A.K. Kuriakose.

- DSS 01SQ.23440-7-9147, "Current interrupt measurement system", Third Wave Engineering, Ottawa. D.S. - J.D. Canaday.

- DSS 01SQ.23440-7-9023, "Impact of advanced ceramics on Canadian industry - A market perspective", MKM International, Toronto. D.S. - T.A. Wheat.

**Publications :**

- Kuriakose, A.K., Wheat, T.A., Ahmad, A. et Canaday, J.D., "Poly-crystalline sodium-potassium beta/beta"-alumina"; J. Solid State Chem. 69(2):312-319; 1987.

- Ahmad, A., Wheat, T.A., Kuriakose, A.K., Canaday, J.D. et McDonald, A.G., "Dependence of the properties of NASICONS on their composition and processing"; J. Solid State Ionics 24:89-97; 1987.

- Canaday, J.D., Wheat, T.A., Ahmad, A. et Kuriakose, A.K., "Gas phase relations for protonic solid-electrolyte fuel cells"; J. Appl. Electrochem. 17:545-551; 1987.

- Wheat, T.A., "Advanced ceramics in Canada"; CIM Bull. 43-48; avril 1987.

- Canaday, J.D., Wheat, T.A., Kuriakose, A.K. et Ahmad, A. "A polarization model for protonic solid electrolyte fuel cells"; Int. J. Hydrogen Energy 12:3:151-157;1987.

**Rapports :**

- Kuriakose, A.K., Wheat, T.A. et Hanson, A.J., "Synthesis of silicon carbide"; Rapport de division MSL 87-28 (OP).

- Kuriakose, A.K., Ahmad, A., Canaday, J.D. et Wheat, T.A., "The effect of composition on the properties of hydronium zirpsios"; Rapport de division MSL 87-40 (IR).

- Wheat, T.A., "Ceramics in MSL: Challenges and opportunities"; Rapport de division MSL 87-44 (TR).

- Mirkovich, V.V., "Relation between thermal diffusivity and expansion in an experimental correlation of thermal fragmentation"; Rapport de division MSL 87-104 (OP&J), version préliminaire.

- Canaday, J.D., Wheat, T.A., Haley, M.P. et Joyce, I.H., "Electrodes for solid electrodes-electrode morphology"; Rapport de division MSL 87-106 (IR).

- Pouskouleli, G., "Metallorganic compounds as preceramic materials I. Non oxide ceramics"; Rapport de division MSL 87-122 (J), version préliminaire.

- Canaday, J.D., Kuriakose, A.K., Wheat, T.A. et Ahmad, A., "Polarization of the hydronium-nasicon/platinum interface"; Rapport de division MSL 87-124 (OP).

- Mirkovich, V.V., "A computerized thermal diffusivity apparatus"; Rapport de division MSL 87-133 (OP).

- Canaday, J.D., Wheat, T.A., Haley, M.P. et Joyce, I.H., "A morphological investigation of electrodes for solid electrolytes"; Rapport de division MSL 87-148 (J), version préliminaire.

- Kuriakose, A.K., Wheat, T.A., Quon, D.H.H. et Ahmad, A., "Preparation of zirconia–toughened alumina"; Rapport de division MSL 87–151 (IR).

- Azota, J., Kuriakose, A.K., Wheat, T.A., Quon, D.H.H. et Wang, S.S.B., "Zirconia–toughened mullite ceramics"; Rapport de division MSL 87–155 (IR).

- Hanson, A.J., "Dilatometric behaviour of a cold–bonded ceramic"; Rapport de division MSL 87–159 (TR).

- Wang, S.S.B., Quon, D.H.H., Torrie, G. et Wheat, T.A., "Hydrothermally synthesized zirconia powder – A preliminary study"; Rapport de division MSL 88–9 (IR).

- Pouskouleli, G., "Metallorganic compounds as preceramic materials II. Oxide ceramics"; Rapport de division MSL 88–13 (J), version préliminaire.

- Aota, J., Kuriakose, A.K., Wheat, T.A. et Quon, D.H.H., "Fabrication of zirconia–toughened mullite ceramics (ZTM)"; Rapport de division MSL 88–17 (OP).

- Ahmad, A., Wheat, T.A., Kuriakose, A.K., Quonn, D.H.H. et Berry, R., "The effect of processing parameters on the properties of modified lead titanate"; Rapport de division MSL 88–19 (OP).

- Kuriakose, A.K., Wheat, T.A., Quon, D.H.H., Ahmad, A. et Aota, J., "The effect of precursor raw materials on the tetragonal zirconia content of alumina–zirconia"; Rapport de division MSL 88–20 (OP).

- Canaday, J.D., Kuriakose, A.K., Wheat, T.A. et Ahmad, A., "Measurements of the platinum/hydronium–nasicon system"; Rapport de division MSL 88–23 (OP).

- **Projet 30.29.03 : Matériaux semiconducteurs pour procédés photoélectrochimiques et catalytiques**
  **Chef de projet : S.M. Ahmed**

**Objectifs :**

Mettre au point des catalyseurs semiconducteurs destinés à des procédés photochimiques et catalytiques en vue de nouvelles applications, comme : 1) l'oxydation photocatalytique de polluants ($CN^-$, $S_2O_3^{2-}$, $SO_3^{2-}$, $H_2S$) sur des suspensions de $TiO_2$ semiconductrices, et 2) la lixiviation photoélectrochimique de minéraux et l'activation photocatalytique sélective de minéraux pour la flottation.

**a) Production photocatalytique et électrolytique de $H_2O_2$**

Il existe une demande grandissante de peroxyde d'oxygène en vue de son utilisation comme oxydant en métallurgie extractive, p. ex. pour la précipitation de l'U(VI) à partir d'une solution, et pour l'élimination des polluants comme le CN– et les thio–sels. En tant qu'oxydant, le peroxyde d'oxygène est préférable aux autres réactifs étant donné qu'il ne laisse aucun produit autre que l'eau et le polluant oxydé. On cherche une méthode peu coûteuse de production de $H_2O_2$, de préférence sur place et à échelle relativement réduite. Des méthodes photocatalytiques et électrolytiques sont mises au point en vue de répondre à ce besoin.

i) Des poudres de $TiO_2$ semiconductrices dopées à l'$Al_2O_3$ (5 %) ont été préparées par sérigraphie manuelle et mises à l'essai sous forme d'électrodes pour la production photoélectrochimique de $H_2O_2$. Les résultats ont montré que les photopotentiels produits par des électrodes de $TiO_2$ dopées à 5 % à l'$Al_2O_3$ avaient une trop grande valeur positive pour donner du $H_2O_2$, et des poudres ayant une plus faible teneur en $Al_2O_3$ sont requises. De plus, les propriétés des électrodes n'étaient pas reproductibles par sérigraphie manuelle. On a acquis une nouvelle machine à sérigraphie, et de nouvelles compositions seront préparées et mises à l'essai dans un proche avenir.

ii) La méthode commerciale actuelle de préparation du $H_2O_2$ consiste à réduire par procédé catalytique l'anthroquinone avec du $H_2$ dans un solvant organique et à faire réagir ensuite les produits avec l'oxygène. La méthode comporte de nombreux désavantages et ne convient pas pour la production sur place, à petite échelle.

On a effectué des travaux en vue de mettre au point une méthode électrolytique de rechange consistant en une réduction électrolytique d'une quinone en présence d'un donneur de protons, suivie d'une étape d'aération. On a produit du $H_2O_2$ par cette méthode. D'autres travaux sont prévus en vue d'étudier les variables pertinentes et d'optimiser la méthode de façon à pouvoir évaluer sa rentabilité.

**b) Études photoélectrochimiques de minéraux semiconducteurs et application à la lixiviation et à la flottation**

i) Des études expérimentales de photoluminescence ayant trait à des électrodes de GaAs ont permis de comprendre les phénomènes de base de la recombinaison électron–trou à une interface semiconducteur–solution qui font concurrence aux phénomènes de dissolution photochimique du semiconducteur et aux autres phénomènes de transfert de charge. Les données ont été interprétées, et un article a été présenté pour fins de publication. Les résultats ont grandement contribué à expliquer la dissolution photochimique et la lixiviation oxydante des minéraux semiconducteurs.

ii) Deux articles portant sur les études photoélectrochimiques et les mesures d'impédance de l'hématite spéculaire ont été préparés et proposés en vue d'être publiés dans des périodiques.

iii) Des études photoélectrochimiques de la chalcopyrite sont effectuées en vue de déterminer le rôle des propriétés semiconductrices et d'autres propriétés de l'état solide dans la lixiviation oxydante de ce minéral et leur effet sur ses caractéristiques de flottation. L'objectif principal de ces travaux est d'expliquer le mécanisme de transfert de charge en fonction des niveaux d'énergie du semiconducteur en rapport avec les potentiels rédox des réactifs. Nos résultats préliminaires montrent un effet marqué des niveaux d'énergie de l'état solide sur le transfert de charge à l'interface semiconducteur–solution. On prévoit que les données recueillies permettront de mieux comprendre les procédés de lixiviation et de flottation. Il sera ainsi possible de perfectionner les méthodes ou d'en créer de nouvelles et de mettre au point de meilleurs mécanismes de réglage en vue d'améliorer le rendement des procédés.

**c) Liaison avec l'industrie**

Le contrat passé avec la Solarchem Research de Willowdale (Ontario), pour la production chimique solaire de $H_2O_2$, avec le soutien de la Division de l'énergie solaire de la Direction des énergies renouvelables d'EMR a été modifié pour la deuxième année de façon à inclure une activité de mise au point d'un réacteur solaire et des essais sur la production de $H_2O_2$. Cette activité, qui intéresse directement CANMET en ce qui concerne la destruction du $CN^-$ par le $H_2O_2$, est supervisée par S.M. Ahmed, qui agit aussi à titre d'expert–conseil et de D.S. dans ce contrat. La Solarchem a présenté une demande de brevet pour son procédé.

Les travaux de CANMET sur les propriétés photoélectrochimiques du $TiO_2$ semiconducteur, effectués par S.M. Ahmed, ont aussi été un élément important à l'origine d'un projet PARI réalisé à la Nutech Energy System Inc, de London (Ontario), sur la destruction photocatalytique des chlorophénols, des PCB et d'autres polluants toxiques organiques.

**Rapports :**

- Ahmed, S.M., Leduc, J. et Haller, S.F., "Photoelectrochemical and impedance characteristics of specular hematite: Part I – Parallel conductance and trap rate studies"; Rapport de division MSL 87–5 (J), version préliminaire.

- Leduc, J. et Ahmed, S.M., "Photoelectrochemical and impedance characteristics of specular hematite: Part II – Deep bulk traps in specular hematite at small AC frequencies"; Rapport de division MSL 86–151 (J), version préliminaire.

- Ahmed, S.M., Leduc, J. et Trudel, J., "Studies of the field dependent photoluminescence of n–GaAs electrodes with and without cobalt films"; Rapport de division MSL 87–73 (OP&J), version préliminaire.

- **Projet 30.29.05 : Électrodes et matières réfractaires pour l'industrie de l'acier**
  **Chef de projet : T.A. Wheat**

**Objectifs :**

Déterminer la nature et les mécanismes de la défaillance des matières céramiques en conditions de fabrication de l'acier en vue de faciliter le choix des matériaux ou la modification des opérations, ou les deux, afin de permettre un traitement au plus bas coût possible. Présenter aux fabricants d'acier des rapports sur les spécifications des matériaux modifiés ou des matériaux de substitution.

La résistance à la corrosion de quatre types de briques de magnésie–carbone contenant 15 à 24 % de carbone, mises en contact avec des laitiers à 1650 °C sous une atmosphère d'argon, a été étudiée. Le freinage de la pénétration du laitier en raison de la présence de graphite a été démontré. Les profils chimiques structuraux ont permis de montrer que la résistance à la corrosion des matières réfractaires dépend de la composition du laitier et qu'elle diminue avec la basicité du laitier. Il n'y a pas eu d'accroissement de la perte de magnésium par vaporisation/sublimation dû à la réduction du MgO en contact avec le graphite, comme il y avait eu dans les essais effectués sous vide. Contrairement au comportement observé sous vide, le système n'a perdu aucune quantité de MgO par vaporisation/sublimation sous une atmosphère d'argon. Cependant, on a constaté que le laitier à forte teneur en chaux réagit avec le carbone et produit du carbure de calcium. En raison de cette perte de carbone qu'elle subit, la matière réfractaire se dégrade plus rapidement.

Avec la collaboration de la Canadian Steel Foundry, on a étudié les mécanismes de bloquage de la busette et du tampon de quenouille en matière réfractaire pendant la coulée de l'acier. La fusion de la busette et du tampon de quenouille a été attribuée à la formation d'une phase liquide à la limite entre la busette et le tampon en raison de l'interaction entre les matières réfractaires et l'acier fondu.

**Rapports/publications :**

- Quon, D.H.H. et Bell, K.E., "Performance of magnesia–carbon bricks in vacuum at high temperature"; J. Can. Ceram. Soc. 56:39–44; 1987.

- Quon, D.H.H., Wang, S.S.B., Aota, J. et Wheat, J.A., "Corrosion resistance of dolomite bricks in contact with slags"; Rapport de division MSL 87-147 (OP&J), version préliminaire.

- Wang, S.S.B., Quon, D.H.H. et Aota, J., "Degradation of magnesia-carbon bricks in argon atmosphere at high temperature"; Rapport de division MSL 87-152 (IR).

**Traitement - Minéraux industriels**

- **Projet 30.37.01 : Rendement et durabilité des bétons contenant des constituants secondaires de cimentation**
  **Chef de projet : V.M. Malhotra**

**Objectifs :**

Obtenir des données sur les propriétés mécaniques et élastiques et sur la durabilité du ciment Portland et du béton de ciment Portland contenant des matériaux dont la production exige jusqu'à 65 % moins d'énergie, comme le laitier de haut fourneau granulé, les cendres volantes, les fumées de silice condensées et la poussière de calcaire, pour des applications dans les milieux marins du Canada et dans les eaux acides du Nord du Canada; créer une base de données sur le béton de ciment Portland et sur le béton composé de ciment Portland mélangé à du laitier de haut fourneau et à des cendres volantes, relativement aux applications industrielles dans lesquelles le béton est exposé de façon prolongée à des températures comprises entre 75 et 450 °C pendant des périodes pouvant atteindre six mois; produire un matériau de chemisage de tour de refroidissement d'amiante-ciment peu coûteux et résistant à la corrosion dans des conditions extrêmes (gel et dégel, eaux douces et eaux saumâtres, eau corrosive et abrasion).

Pour économiser les ressources et l'énergie, il faut absolument utiliser, pour la fabrication du ciment Portland et du béton de ciment Portland, des matériaux moins coûteux et dont la production demande moins d'énergie. Les produits de remplacement du ciment qui sont les plus prometteurs à cet égard sont le laitier granulé, les cendres volantes et les fumées de silice condensées. La production de laitier granulé ne demande que 25 % de l'énergie nécessaire pour produire du ciment Portland. Quant aux cendres volantes et aux fumées de silice, il s'agit de sous-produits industriels. Comme les laitiers et les cendres volantes provenant de sources différentes n'ont pas nécessairement les mêmes propriétés (celles-ci variant selon les matières premières utilisées), il est essentiel de faire des recherches pour obtenir plus de renseignements sur leur comportement à long terme dans le béton, dans les conditions climatiques que l'on retrouve au Canada et en présence ou non de réducteurs puissants de l'eau.

On a poursuivi les études internes et à contrat en vue de créer une banque de données sur les propriétés mécaniques et thermiques du béton contenant un volume élevé de cendres volantes, avec différents ciments et différents pourcentages de cendres volantes et de ciment. Les résultats des essais montrent que les dosages en ciment supérieurs à 200 kg/m3 ne sont pas très rentables dans ce système. Trois gros blocs de béton de 3 x 3 x 3 m ont été coulés à Halifax afin de permettre l'évaluation de la performance à long terme du béton de référence et du béton à volume élevé de cendres volantes.

Des études réalisées à contrat ont montré qu'il y avait réduction de la résistance du béton à fumées de silice de résistance élevée. Afin de confirmer les résultats de ces études approfondies, des travaux ont été entrepris en vue de déterminer la performance à long terme (> 5 ans) des fumées de silice dans le béton de résistance élevée (> 12 000 MPa). Un grand nombre de prismes et de cylindres d'essai ont été coulés pour permettre l'étude de l'évolution à long terme de la résistance en conditions de cure en atmosphère humide et à l'air.

Un ouvrage détaillé, intitulé "Supplementary Cementing Materials", a été publié en tant que publication spéciale de CANMET (SP 86-8E). Il contient des articles approfondis sur les pouzzolanes naturelles, les fumées de silice, les cendres volantes et les laitiers.

Le projet IRDC/CANMET sur les laitiers de haut fourneau a commencé. Les objectifs de ce projet sont de préparer une base de données sur les laitiers de haut fourneau granulés et de donner à des ingénieurs argentins une formation sur l'utilisation de laitiers de haut fourneau granulés. Dans le cadre de ce projet, un ingénieur de CANMET a passé une période d'une semaine en Argentine. Un scientifique argentin entamera en avril 1988 une période de travail de six mois à CANMET.

Trois laitiers de haut fourneau granulés d'origines différentes et deux cendres volantes à haute et à basse teneur en CaO ont fait l'objet d'études couvrant différents aspects : analyse chimique, teneur en verre, distribution granulométrique, vitesse de dégagement de chaleur et quantité de chaleur totale dégagée, micrographie électronique à balayage et évolution de la résistance. À tous les âges, les vitesses de dégagement de chaleur et la quantité de chaleur totale dégagée par les cendres volantes étaient inférieures à celles des laitiers de haut fourneau granulés, indépendamment de l'origine.

On a terminé une étude visant à déterminer, à l'aide de l'essai rapide de perméabilité au chlorure, la perméabilité à l'ion chlorure du béton contenant des constituants secondaires de cimentation : fumées de silice, laitier de haut fourneau granulé et cendres volantes. Les résultats de l'essai ont montré que l'utilisation de constituants secondaires de cimentation réduit de façon appréciable la perméabilité au chlorure du béton.

On a mené à terme des études visant à déterminer l'effet combiné des sels de dégivrage et des cycles répétés de gel et de dégel sur le béton contenant des laitiers de haut fourneau granulés/en boulettes. Indépendamment du pourcentage et du type de laitier utilisé, le béton contenant des laitiers présentait un écaillage de surface beaucoup plus important que le béton de référence, en dépit du fait que les facteurs de vide interstitiel des deux types de béton aient été adéquats.

Plusieurs études sur les réactions alcali-agrégat dans le béton sont en cours, et plusieurs rapports ont été publiés ou sont en cours de préparation. Des études ayant trait à l'examen et à l'évaluation des types de roches potentiellement réactives du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve sont en cours, mais il est encore trop tôt pour tirer quelque conclusion que ce soit.

Un boursier de recherches post-doctorales a commencé ses travaux en décembre 1987 et il entame une étude de deux ans portant sur l'évaluation de différentes méthodes accélérées de détermination de la réactivité alcali-agrégat dans le béton.

La première phase de l'étude portant sur la détermination de l'effet des températures élevées sur le béton à fumées de silice est terminée, et un rapport est en cours de préparation. En général, aux températures étudiées, de 150 à 450 °C, la performance du béton à fumées de silice est comparable à celle du béton de référence.

On a commencé des études exploratoires en vue de déterminer des moyens d'activer les laitiers de haut fourneau granulés. Les matières étudiées sont notamment des silicates de sodium avec et sans fumées de silice ou chaux. Pour l'instant, l'étude est limitée à la détermination des résistances à la compression de cubes de mortier. Si les résultats sont encourageants, l'étude sera étendue au béton.

Un programme interlaboratoire visant à déterminer les possibilités d'utilisation de laitier de haut fourneau granulé dans les opérations de remblayage de mines a été mené à terme. Le programme a porté sur quatre mines du bassin de Sudbury. Les données des essais sont présentement analysées et un rapport technique sera préparé.

**Contrats :**

- Demande 4-9236 EEM, "Study of the alkali reactivity of potential concrete aggregates of New Brunswick", ADI Ltd. D.S. - J.A. Soles.

- Demande 5-9255 EEM, "Study of the alkali reactivity of potential concrete aggregates of Newfoundland", Golder Associates. D.S. - J.A. Soles.

- Demande 6-9157 EEM, "Study of the alkali reactivity of potential concrete aggregates of Nova Scotia", Jacques Whitford and Associates. D.S. - J.A. Soles.

- Demande 4-9041, "Reproducibility of a new technique for measuring the permeability of concrete - Phase III", Laboratoire de Béton. D.S. - G.G. Carette.

- Demande 4-9171, "Low permeability high strength fibre reinforced normal weight concrete for offshore structures", Lafarge Canada Inc. D.S. - G.G. Carette.

- Demande 4-9308 EEM, "Development of engineering on Nova Scotia fly ashes", L.A. Shaw Ltd. D.S. - G.G. Carette.

- Demande 6-5321, "Determination of air-void parameters of hardened portland cement concrete - Part II", Université Laval. D.S. - G.G. Carette.

- Demande 6-9014, "Creep studies on portland cement/slag concretes", University of Calgary. D.S. - G.G. Carette.

- Demande 6-9201, "Determination of air-void parameters of hardened portland cement concrete - Part I of round-robin test program", Brian Hop, expert-conseil. D.S. - G.G. Carette.

- Demande 7-9062, "Creep studies on high-strength normal weight concrete", University of Calgary. D.S. - G.G. Carette.

- Demande 7-9146, "Long-term strength development of high-strength field concrete containing silica fume and other supplementary cementing materials", Trow Ltd. D.S. - G.G. Carette.

- Demande 7-9217, "Mercury porosity tests on mortar samples using Carlo Erba equipment", Université de Sherbrooke. D.S. - G.G. Carette.

- Demande 6-9156, "Evaluation of blast-furnace slag for possible use as an additive to mine backfill", Watts Cement. D.S. - E. Douglas.

- Demande 4-9156, "Development of an asbestos-cement cooling tower fill for thermal generating plants", Atlas Turner Inc. D.S. - E. Douglas.

- Demande 7-9137, "Thermal properties testing of concrete incorporating supplementary cementing materials", Geotherm Inc. D.S. - V. Sivasunderam.

- Demande 7-9139, "Creep studies of high-volume fly ash/slag concrete", Ciment Lafarge Canada. D.S. - V. Sivasunderam.

- Demande 7-9129, "Diatomite in Nova Scotia as pozzolanic material". W. Langley and Associates. D.S. - H.S. Wilson.

- Demande 4-9212, "Development of cementitious grout for post-tensioned concrete members for use in offshore structures", Levelton and Associates. D.S. - H.S. Wilson.

**Rapports :**

- Malhotra, V.M., "Superplasticizers, pozzolans and granulated blast-furnace slags in concrete"; Rapport de division MSL 87-17(OP&J), version préliminaire.

- Douglas, E., Eola, A. et Malhotra, V.M., "Characterization, conduction calorimetry, microstructure and properties of ground granulated blast-furnace slag and fly ashes"; Rapport de division MSL 88-18 (OP&J), version préliminaire.

- Malhotra, V.M., "Supplementary cementing materials"; publication spéciale de CANMET 86-6E.

- Giaccio, G.M. et Malhotra, V.M., "Mechanical properties and freezing and thawing resistance of high-volume fly ash concrete made with ASTM Types I and II cements"; Rapport de division MSL 87-112 (OP&J), version préliminaire.

- Sivasunderam, V., Carette, G.G. et Malhotra, V.M., "Superplasticized high-volume fly ash system to reduce temperature rise in mass concrete"; Rapport de division MSL 87-83 (OP&J).

- Malhotra, V.M. et Painter, K.E., "Early-age strength properties, and freezing and thawing resistance of high-volume fly ash concrete"; Rapport de division MSL 87-113 (OP&J), version préliminaire.

- Malhotra, V.M., Wilson, H.S. et Painter, K.E., "Resistance of concrete incorporating silica fume at elevated temperature"; Rapport de division MSL 87-126 (OP&J), version préliminaire.

- **Projet 30.37.02 : Béton dans les ouvrages construits en mer**
  **Chef de projet : V.M. Malhotra**

**Objectifs :**

Réunir des données techniques sur des coulis et des bétons présentant une grande résistance mécanique, une faible perméabilité et une grande résistance aux chocs, et pouvant être utilisés dans des ouvrages construits en mer; mettre au point des essais de perméabilité du béton, des essais de résistance à l'abrasion par la glace et des essais non destructifs de surveillance et d'inspection.

On s'attend à ce que les activités d'exploration et d'exploitation pétrolières en mer prennent de l'ampleur dans l'Arctique dans le proche avenir. On prévoit que beaucoup des ouvrages qui seront érigés en mer dans le cadre de ces activités seront faits en béton. Or, il y a encore plusieurs inconnues en ce qui concerne le comportement des structures de béton dans un milieu arctique. Le froid intense a des effets négatifs sur les propriétés du béton. L'abrasion et les chocs causés par la glace créent des problèmes supplémentaires. Il est donc essentiel d'effectuer des études pour trouver des bétons qui aient une bonne durabilité dans un milieu arctique, c'est-à-dire des bétons qui présentent une grande résistance, une faible perméabilité et un faible poids unitaire. Il faudrait aussi élaborer une méthode d'essai pour évaluer la résistance à l'abrasion et la perméabilité de ces bétons spéciaux.

On a commencé des études limitées visant à déterminer l'effet du recouvrement sur la corrosion des barres d'armature dans du béton exposé au milieu marin. On a coulé de gros prismes d'essai avec différentes épaisseurs de recouvrement de l'acier. Ces prismes ont ensuite été transportés à Treat Island (Maine) où ils seront soumis à une exposition prolongée au milieu marin. Ils feront l'objet d'un premier examen en juin 1988.

La neuvième inspection annuelle des prismes d'essai installés à Treat Island a été effectuée. Des vérifications visuelles ont été faites et des photographies ont été prises. Un rapport et un montage sur le sujet ont été préparés et présentés à la Mathers Conference on Durability of Concrete (Conférence Mathers sur la durabilité du béton), tenue à Atlanta en 1987.

La société Arctec Canada ltée a apporté des modifications (par le biais d'un contrat) à la machine d'essai destinée à déterminer la résistance du béton à l'abrasion et aux chocs provoqués par la glace. Le but des modifications était de réduire le temps des essais. Une fois les modifications apportées, l'Arctec Canada ltée a effectué une série d'essais sur des cylindres de béton, pour le compte de la Mobil Oil Ltd de Dallas (Texas). La machine est la seule du genre au monde. On prévoit effectuer d'autres essais sur des bétons contenant des matériaux de cimentation supplémentaires. Une communication sur la mise au point de la machine a été préparée et sera présentée à la deuxième conférence internationale sur la performance du béton en milieu marin, qui se tiendra à St. Andrews (N.-B.) en 1988.

En 1986, douze dalles de béton très résistant de 150 x 330 x 3660 mm ont été montés sur le côté d'un quai existant, à Nanisivik (île Baffin), pour permettre de déterminer les effets à long terme de l'abrasion et des impacts sur divers types de bétons. En raison du manque de fonds, aucun examen des dalles n'a été fait en 1987. On prévoit faire l'examen en 1988.

**Contrats :**

- Demande 6-9174, "Utilization of Newfoundland aggregates to produce high-strength concrete for offshore structures - Phase I", Nolan Davis Ltd. D.S. - M. Bilodeau.

- Demande 7-9240, "Utilization of Newfoundland aggregates to produce high-strength concrete for offshore structures - Phase II", Nolan Davis Ltd. D.S. - V.M. Malhotra.

- Demande 4-9041, "Reproducibility of a new technique to measure the permeability of concrete", Laboratoire de Béton Ltée. D.S. - G.G. Carette.

- Demande 4-9246, "Evaluation of the suitability of existing repair materials to deal with potential types of damage", Ontario Hydro. D.S. - H.S. Wilson.

- Demande 7-9128, "Determination of the resistance of concrete to abrasion and impact by ice: modifications to the testing machine and development additional test data - Phase II", Arctec Canada. D.S. - V.M. Malhotra.

- Demande 7-9044, "Long-term durability studies at Treat Island: 1987 monitoring and evaluation of test programs", Université du Nouveau-Brunswick. D.S. - G.G. Carette.

- Demande 7-9050, "Durability of reinforced concrete in marine environment", Université du Nouveau-Brunswick. D.S. - G.G. Carette.

- Demande 6-9072, "Design and construction of automated freeze-thaw testing equipment for concrete", (proposition spontanée UP-A-470), Arctec Canada.

**Rapports :**

- Wilson, H.S. et Malhotra, V.M., "Development of high-strength lightweightconcrete for structural applications"; Rapport de division MSL 87-11 (OP&J),version préliminaire.

- Malhotra, V.M., "CANMET investigations in the development of high-strength lightweight concrete"; Rapport de division MSL 87-33 (OP&J).

- Bisaillon, A. et Malhotra, V.M., "Permeability of concrete using a uniaxial water-flow method"; Rapport de division MSL 87-119 (OP&J), version préliminaire.

**Biotechnologie**

- **Projet 30.45.01 : Traitement biologique**
  **Chef de projet : R.G.L. McCready**

**Objectifs :**

Trouver, quantifier, mettre à l'essai et appliquer des phénomènes biologiques permettant d'améliorer les procédés de traitement des minéraux utilisés pour la récupération des métaux, d'accroître la récupération des combustibles fossiles et de réduire à des niveaux acceptables les répercussions environnementales des opérations industrielles dans ces domaines.

**a) Lixiviation bactérienne des minerais sulfurés**

Le but de cette activité est de concevoir un procédé biohydrométallurgique rentable, qui permette l'extraction et la récupération des métaux présents en moindres concentrations dans les minerais sulfurés, surtout dans les zones minéralisées du sous-sol que l'on n'exploite pas parce qu'elles servent de soutènement à la mine ou dans celles où la teneur du minerai n'atteint pas le minimum requis pour une exploitation classique.

Habituellement, dans la plupart des exploitations minières, les gîtes minéraux sont laissés intacts à 30 %. Le traitement de ces ressources résiduelles par lixiviation bactérienne permettrait d'exploiter à fond les réserves minérales.

Les projets dans ce domaine comprendront une démonstration de la lixiviation souterraine de l'uranium et des études en usine-pilote de la lixiviation biologique d'un minerai sulfuré complexe en vue de la récupération du cuivre et du zinc. En 1987, la Denison Mines a produit plus de 800 000 lb d'$U_3O_8$ par lixiviation bactérienne.

**b) Lixiviation hétérotrophe**

Le but visé est de déterminer l'efficacité de la lixiviation hétérotrophe pour l'extration du Ni, du Co et d'autres métaux communs contenus dans des minerais à faible teneur ou réfractaires.

Certains minerais ne se prêtent pas à la lixiviation bactérienne par autotrophes ou encore la récupération du métal d'une solution contenant de grandes concentrations de fer est difficile. Si ces minerais pouvaient faire l'objet d'une lixiviation économique dans des conditions neutres ou basiques, le métal recherché pourrait être solubilisé de manière préférentielle sans qu'il y ait solubilisation du fer, ce qui favoriserait beaucoup la récupération du métal à partir de la solution.

On a évalué une trentaine de métabolites microbiens en vue de déterminer leur capacité à lessiver préférentiellement le Ni à partir de la pentlandite. Un groupe de métabolites permet de solubiliser très efficacement le Ni et le Co sans solubiliser le fer lorsque le pH est basique. On poursuit des études visant à évaluer les effets de la concentration en métabolites, du pH, de la température et de la lixiviation avec des combinaisons d'au moins deux métabolites.

**c) Lixiviation préférentielle et séquentielle d'un minerai sulfuré complexe**

L'objectif de cette activité est de déterminer la séquence de lixiviation biologique d'un minerai sulfuré complexe, en vue de mieux expliquer le mécanisme d'oxydation des sulfures métalliques par Thiobacillus ferrooxidans.

La séquence d'oxydation observée à ce jour est la suivante : pyrrothite > cubanite > sphalérite > chalcopyrite > pyrite.

**Contrats :**

- Demande 6-9126, "Determination of activity parameters in Thiobacillus ferrooxidans strains as criteria for mineral leaching efficiency", Dept. of Microbiology, University of Manitoba. D.S. – R.G.L. McCready.

- Demande 6-9159, "Development of thermophilic biohydrometallurgy to enhance precious metal extraction", Coastech Research Inc. D.S. – R.G.L. McCready.

- Demande 6-9197, "Research study to determine the source of oxygen during bacterial oxidation of mineral sulphides", Department of Physics, The University of Calgary. D.S. – R.G.L. McCready.

- Projet PARI CA-910-786-A, "Underground biological in-place leaching of uranium ore – Phase II", Denison Mines Ltd. D.S. – R.G.L. McCready.

- Entente EEM avec le Manitoba : La Hudson Bay Mining and Smelting, l'University of Manitoba et la Fondation de recherches de l'Ontario ont continué d'effectuer des essais en installation pilote sur la lixiviation bactérienne d'un minerai sulfuré complexe et la récupération du cuivre et du zinc à partir d'une solution. D.S. – R.G.L. McCready.

**d) Opérations industrielles biologiques**

**Objectifs :**

Déterminer, quantifier et appliquer des phénomènes biologiques qui améliorent l'efficacité des diverses opérations utilisées dans les industries de l'extraction et de la transformation des ressources minérales.

Les projets dans ce domaine comprennent la bioadsorption de métaux contenus dans des solutions de procédés ou dans des effluents, la dégradation microbienne des éléments organiques qui nuisent à la récupération des minéraux contenus dans les minerais ou dans les concentrés, la récupération microbienne des métaux contenus dans les effluents et l'adoucissement biologique des eaux acides évacuées des exploitations minières.

**Contrats :**

- Demande 5-9156. "Microbial control of tailings dump leaching", Département de biologie, Université d'Ottawa. D.S. – W.D. Gould.

- Demande 6-9052, "Optimization of fungal adsorption of uranium and cell immobilization and pelletization", Acres Davy McKee, Engineering Inc. D.S. – R.G.L. McCready.

- Demande 6-9103, "Microbial degradation/alteration of carbonaceous species in Canadian ores and concentrates, Phase II", Witteck Development Inc. D.S. – R.G.L. McCready.

- Demande 6-9118, "Growth dynamics of naturally colonizing characeae in abandoned tailings ponds", Boojum Research Ltd. D.S. – R.G.L. McCready.

- Demande 6-9164, "Use of biomass to recover uranium from bioleach solutions", McMaster University. D.S. – R.G.L. McCready.

- Projet PARI L2730-1064, "Biorecovery of selenium", CMS Rotodisk. D.S. – R.G.L. McCready.

- Projet PARI CA910-6-1078 – Chara Process, "Biological polishing of alkaline effluents", Boojum Research Ltd. D.S. – R.G.L. McCready.

- **Projet 30.45.03 : Réseau de biotechnologie**
  **Chef de projet : R.G.L. McCready**

**Objectifs :**

Travailler de façon soutenue au maintien et à l'expansion d'un réseau visant à améliorer l'interaction et la communication entre les chercheurs et l'industrie canadienne, et améliorer la disponibilité et l'accessibilité des informations pertinentes.

Le personnel des LSM a :

1. préparé et publié quatre bulletins du BIOMINET (réseau de lixiviation minérale et de récupération des métaux) pour tenir les membres au courant des projets de recherche en cours et des faits nouveaux relativement à l'utilisation de la biotechnologie dans l'industrie minérale;

2. organisé, préparé et présenté un atelier de deux jours sur la microbiologie fondamentale pour l'industrie minérale, les 5 et 6 novembre, auquel ont participé 24 personnes; CANMET SP 86-7;

3. participé à un colloque sur la biotechnologie dans le secteur pétrolier, organisé dans le cadre de l'assemblée annuelle de la Société canadienne des microbiologistes, tenue à Toronto.

4. publié les Actes de la réunion annuelle 1986 du BIOMINET; CANMET SP 86-9E;

5. organisé et participé à la réunion annuelle BIOMINET, qui a réuni 30 membres à l'Université Laurentienne de Sudbury (Ontario);

6. participé à la session sur la biotechnologie de l'assemblée annuelle de l'ICM, à Winnipeg; Rapport de division MSL 87-105 (OP);

7. participé au 8th International Symposium on Biohydrometallurgy, tenu à Warwick (R.-U.); Rapport de division MSL 87-77 (OP);

8. participé à l'atelier sur la production d'acide dans les résidus de mines, tenu à Val d'Or (Québec); Rapport de division MSL 87-62 (OP);

9. participé à un séminaire au Dept. Chem. Eng., de l'Univ. of Saskatchewan;

10. participé à un atelier sur les eaux acides évacuées des exploitations minières, tenu à Halifax (N.-É.); Rapport de division MSL 87-3 (OP&J);

11. publié "Biotechnology Bibliographies", SP 86-2.

**Base de données du BIOMINET**

De nouveaux organismes ont été ajoutés à la base de données du BIOMINET, au fur et à mesure que les réponses au questionnaire ont été reçues. De nombreux changements d'adresse et radiations ont été nécessaires; les étiquettes d'envoi sont produites au besoin.

**Extraction - Minéraux métalliques**

- **Projet 30.52.02 : Procédés basés sur l'utilisation des chlorures pour le traitement des minerais sulfurés**
  **Chef de projet : D.H. Bell**

**Objectifs :**

Mettre au point et évaluer des procédés métallurgiques viables basés sur l'emploi de chlorures qui permettent d'atteindre des taux de récupération des métaux supérieurs à 90 % et d'éliminer les émissions de $SO_2$ tout en produisant du soufre élémentaire ou des sulfures stables à partir de concentrés sulfurés collectifs.

Le Nouveau-Brunswick a les plus importantes réserves de zinc, de plomb et d'argent au Canada, mais, en raison de la complexité des gîtes sulfurés, les techniques existantes ne permettent pas d'atteindre un taux suffisant d'extraction de produits marchands de valeur élevée. Pour augmenter le taux d'extraction des métaux, il faut produire un concentré collectif. Toutefois, en raison de sa complexité et de sa teneur relativement faible, ce concentré ne se prête pas aux méthodes classiques de traitement. CANMET étudie et évalue les procédés basés sur l'emploi de chlorures pour traiter de tels concentrés sulfurés complexes. Des recherches faites à CANMET et à contrat ont dans une large mesure confirmé le schéma fondamental d'un procédé de lixiviation au chlorure ferrique. Les activités actuelles se rapportent principalement au perfectionnement des étapes de traitement du procédé de lixiviation au chlorure ferrique, à des études sur l'extraction électrolytique du cuivre à partir de solutions aqueuses de chlorures et à des études des taux de dissolution de sulfures métalliques dans des chlorures et des sulfates.

L'inquiétude grandissante au sujet des pluies acides conduira peut-être à la mise en application de règlements visant à limiter les émissions de $SO_2$. Les procédés qui donnent du soufre élémentaire plutôt que du $SO_2$ pourraient être des options valables pour remplacer les techniques classiques. Les techniques basées sur l'emploi de chlorures satisfont à ce critère, mais leur acceptation par l'industrie sera basé sur la démonstration de leur viabilité technique et économique.

### a) Procédé de lixiviation au chlorure ferrique (LCF)

Le procédé de lixiviation au chlorure ferrique a été mis au point, tant à CANMET qu'à contrat, et il est maintenant un procédé viable sur le plan technique qui rencontre les objectifs de la récupération des métaux à 90 % et de l'élimination des émissions de $SO_2$. Le procédé semble concurrentiel, sur le plan des coûts, avec les techniques classiques, et même supérieur à ces dernières. Le schéma établi à la suite des travaux de mise au point de CANMET est illustré à la fig. 2. Une évaluation économique et technique sera effectuée, à contrat, au cours de l'exercice financier 1988–1989 afin de permettre à CANMET de connaître entièrement les possibilités du procédé et, s'il y a lieu, de déterminer des partenaires industriels possibles.

Un rapport sur le procédé LCF a été publié; il contient une évaluation économique préliminaire.

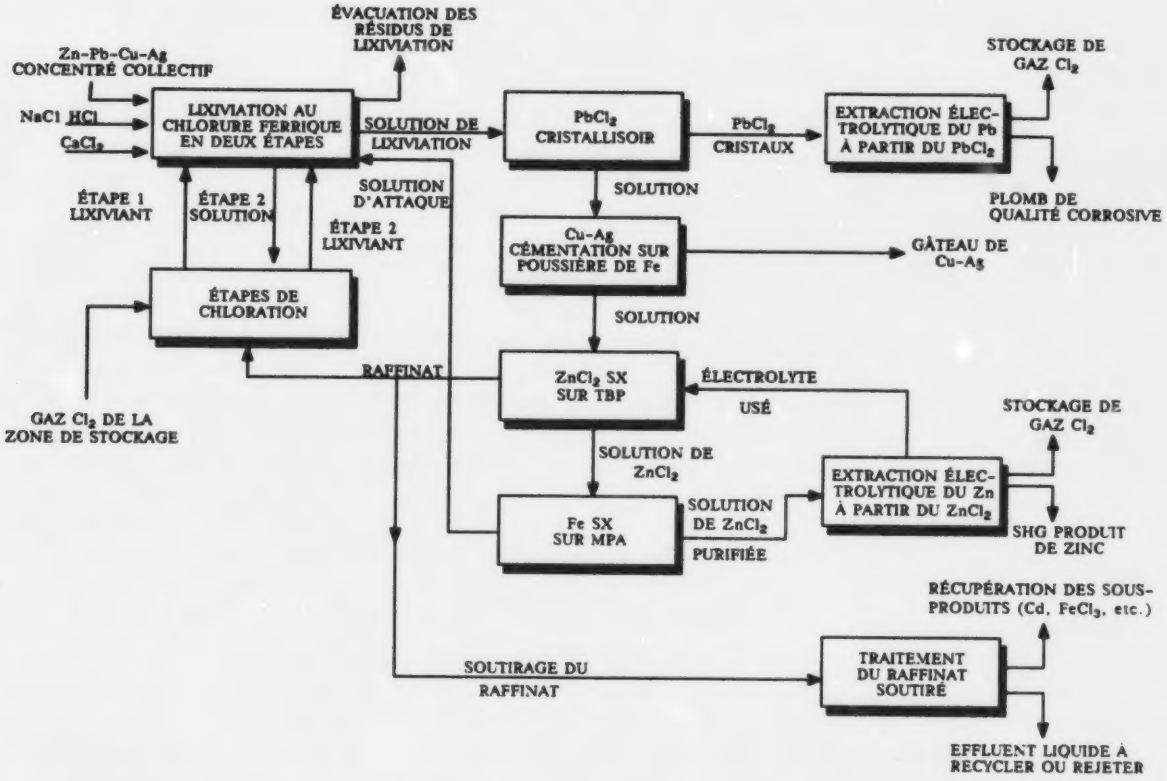



Fig. 2. Procédé de lixiviation au chlorure ferrique de CANMET

#### i) Lixiviation : mise au point du procédé LCF

Une lixiviation en deux étapes d'un concentré collectif pyriteux avec du HCl 0,11 M pendant un temps de rétention de 6,0 h a permis l'extraction du Pb, du Zn, du Cu et de l'Ag dans des proportions respectives de 99,5 %, 99,2 %, 97,9 % et 96,9 %. Les résultats expérimentaux montrent qu'il y a eu 15 % de dissolution de la pyrite et que 50 % de la consommation de HCl (25 g/kg de concentré) étaient dus à la fraction de sidérite dans le concentré.

La solution de lixiviation, avec un pH d'environ 1, a pu subir des opérations subséquentes de récupération des sous-produits.

**ii) Récupération du $PbCl_2$ et cémentation du Cu et de l'Ag**

Les cristaux de $PbCl_2$ ont été récupérés à partir de la solution de lixiviation de $FeCl_2$ par refroidissement. Les cristaux de $PbCl_2$ lavés contenaient moins de 1 % de l'Ag lixivié et moins de 400 ppm d'impuretés totales.

Les concentrations de Cu et d'Ag solubles ont été réduites à 1 mg/L chacune par cémentation en deux étapes au moyen de ferraille, puis de fer granulaire. Les travaux visant l'optimisation de la récupération du $PbCl_2$ et la cémentation continue se poursuivent.

**iii) Solubilité du chlorure de plomb dans les solutions de lixiviation au chlorure ferrique**

La solubilité du chlorure de plomb dans les solutions de lixiviation au chlorure ferrique a été étudiée de façon approfondie. On en est aux étapes finales de la préparation de documents pour publication externe dans les activités de compression des données et de modélisation des systèmes en vue de l'interprétation des résultats expérimentaux. On évalue présentement des données documentaires sur les coefficients d'activité des chlorures à différentes températures et pour différentes compositions de solutions.

**iv) Chloration et oxydation des solutions de lixiviation**

Un article traitant de la chloration des solutions de lixiviation au $FeCl_2$ a été accepté pour fins de publication dans le Can. J. Chem. Eng. : Rapport de division MSL 87-60 (J). Des études sur l'oxydation sous pression avec l'oxygène sont en cours. La précipitation du fer est déterminée principalement par les concentrations initiales en acide et en éléments ferreux, mais la température de réaction au-dessus de 100 °C joue aussi un rôle important. Un rapport sur l'avancement de cette étude est en cours de préparation.

**v) Extraction au solvant - purification de la solution de chlorure de zinc**

Le circuit d'extraction au solvant du zinc à l'aide du TBP a été perfectionné. On a choisi un système d'extraction au solvant permettant d'éliminer le fer résiduel contenu dans la solution d'attaque du circuit du Zn jusqu'à ce que les niveaux requis pour l'extraction électrolytique soient atteints. On a fait un essai initial en usine-pilote de cette étape d'extraction du fer. On a atteint les concentrations visées en ce qui a trait à l'élimination du fer. On produit une solution de chlorure d'attaque contenant 50 g de Fe/L qui peut être recyclée pour le circuit de lixiviation. On a résolu certains problèmes relatifs à la séparation des phases et aux précipités en utilisant des modificateurs de phases organiques, qu'on soumettra à un essai en installation pilote à l'échelle du laboratoire.

**vi) Extraction au solvant - spectroscopie infrarouge**

On a utilisé la spectroscopie infrarouge à transformation de Fourier pour analyser certains produits obtenus dans des études sur la purification des solutions par élimination du Fe(III) par extraction au solvant. On a analysé des "cruds" obtenus à partir de systèmes d'extraction au solvant à acide mono-2-éthylhexyl phosphorique (MEHPA) et on a déterminé qu'ils étaient des produits de polymérisation du MEHPA par le fer. Les "cruds" ont été comprimés, dissous dans du $CCl_4$ et coulés sous forme de films sur des fenêtres d'AgCl.

**b) Lixiviation des métaux et des minéraux sulfurés**

**i) Minéraux de zinc**

On étudie présentement l'effet de la teneur en fer de sphalérites naturelles pures en grains sur le taux de dissolution dans du $FeCl_3$–HCl et du $Fe_2(SO_4)_3$–$H_2SO_4$. Le taux de dissolution des sphalérites augmente avec la teneur en fer, et cet effet est très marqué pour des teneurs en fer de l'ordre de 0 à 2 %. L'augmentation de la teneur en fer jusqu'à la plage de 2 à 14 % n'a qu'un effet modeste sur la dissolution des sphalérites. La vitesse de lixiviation des sphalérites à teneur en fer élevée est environ un ordre de grandeur plus grande que celle des sphalérites à très faible teneur en fer. Des effets similaires sont observés dans les systèmes à chlorures et à sulfates. On croit que la teneur en fer influe sur la conductivité de la sphalérite, ce qui se répercute par des effets sur le processus électrochimique de réglage de la vitesse.

**ii) Extraction électrolytique du cuivre à partir d'un électrolyte aqueux à base de chlorures**

Un des principaux problèmes posés par l'extraction électrolytique du cuivre à partir d'un électrolyte à base de chlorures ($FeCl_2$–NaCl–HCl) est la contamination du produit par l'argent. Des quantités d'argent ayant une valeur commerciale sont perdues et le cuivre obtenu est de qualité inférieure. Le conditionnement classique de l'électrolyte par pré–électrolyse ou cémentation ne constitue pas une méthode efficace de traitement. L'addition de quantités de CuI en vue de ramener les teneurs en argent au–dessous de 1 mg/L dans l'électrolyte a été étudiée dans une variété de conditions. En une seule étape, la méthode donne une teneur en argent de l'électrolyte de 2 mg/L, alors que la teneur originale dans l'électrolyte était de 25 à 90 mg/L.

Un rapport décrivant l'extraction électrolytique du cuivre sous forme de particules à partir d'un électrolyte aqueux à base de chlorures a été publié (MSL–INT 87–7). Des essais sont présentement effectués en vue de déterminer le comportement des impuretés (As, Sb, Bi et Pb) pendant l'extraction électrolytique du cuivre à partir d'un électrolyte aqueux à base de chlorures, au moyen d'une cellule à membrane simplifiée.

**Rapports :**

- Tan, K.G. et Bédard, P.L., "Development of a mini–plant chlorinator for ferric chloride leach process"; Rapport de division MSL 87–60 (J), version préliminaire.

- Tan, K.G., "Modernized hydrometallurgical process development techniques"; Rapport de division MSL 87–68 (OP&J).

- Morrison, R.M., "The dissolution of silver in ferric sulphate–sulphuric acid–media"; Rapport de division MSL 87–46 (J), version préliminaire.

- Bell, D.H., "The CANMET ferric chloride leach process": Rapport de division MSL 87–157 (TR).

- **Projet 30.52.04 : Réacteurs à plasma**
  **Chef de projet : J.M. Skeaff**

**Objectifs :**

Étudier et mettre au point des applications de la technologie des plasmas dans les domaines de l'utilisation de l'énergie et de la pyrométallurgie, dans le but d'accroître le rendement énergétique et de substituer l'électricité aux combustibles fossiles.

La technologie des plasmas peut, dans plusieurs cas, permettre de remplacer efficacement les combustibles fossiles par l'énergie électrique et également servir à des applications tout à fait nouvelles. Il est de plus évident qu'elle a atteint un niveau de développement suffisant pour que l'on envisage sérieusement des applications à l'échelle industrielle (si ce n'est déjà fait). Toutefois, bien qu'il dispose de sources plus que suffisantes d'électricité relativement peu coûteuse, le Canada a pris du retard à cet égard. Pour favoriser la mise au point de telles applications industrielles de la technologie des plasmas, CANMET a accepté de jouer le rôle d'organisme moteur, dans ce domaine, au sein de l'Administration fédérale.

**a) Utilisation de la technologie des plasmas en métallurgie**

D'autres essais portant sur un mélange d'hématite, de coke et de chaux ont été effectués en vue de mieux définir les caractéristiques d'exploitation du réacteur à plasma de 100 kVA. Ces essais ont été assez concluants en ce qui a trait à la production rapide d'un arc continu en régime permanent et à la production de quantités de fonte brute de l'ordre du kilogramme. Toutefois, ces essais ont aussi fait ressortir des problèmes possibles dans certains secteurs, par exemple la difficulté de mesurer les températures locales dans la sole même d'un four et la dissolution des parois réfractaires dans le laitier.

Des céramiques de pointe, sous forme de carbures, de nitrures, de siliciures et d'oxydes, sont maintenant utilisées pour la production de matières ayant des propriétés thermiques, mécaniques, électriques et chimiques supérieures à celles des matières produites par les méthodes classiques. Le traitement de ces composés nécessite souvent des températures extrêmement élevées et des conditions bien contrôlées. On a effectué une étude documentaire sur la production de poudres de carbure de silicium par plasma thermique et on a eu des discussions avec des scientifiques spécialisés dans le domaine dans les universités et au gouvernement. Un travail dans ce domaine est présentement effectué à contrat à l'Université de Sherbrooke (Québec). Une étude sur la production de siliciures de titane et de siliciures de titane–fer est aussi en cours à l'Université Queen's.

Un contrat a aussi été accordé en vue de l'étude d'un procédé de fusion directe de minerais sulfurés permettant de produire du soufre élémentaire.

**b) Contrats**

- Demande 7–9180, "Plasma synthesis of ultrafine silicon carbide powders", M. Boulos, Université de Sherbrooke. D.S. – S.A. Mikhail.

- Demande 7–9196, "Plasma production of titanium silicides and titanium–iron–silicides", C. Pickles, Université Queen's. D.S. – C.A. Hamer.

- Demande 6–9189, "Investigation into the feasibility of direct reduction and smelting of sulphide ores in an LB furnace", W.L. Lu, McMaster University, Hamilton. D.S. – J.M. Skeaff.

**c) Entente de contribution avec le CNRC**

- Demande 5–0870, "D.C. plasma arc furnace", R.S. Crawley, INCO Ltd., Toronto. D.S. – J.M. Skeaff.

- **Projet 30.52.05 : Impuretés dans l'affinage du cuivre**
  **Chef de projet : J.E. Dutrizac**

**Objectifs :**

Avec le concours de l'industrie canadienne du cuivre, mettre au point, d'ici 1990, des techniques améliorées pour caractériser, faire déposer, contrôler et traiter les impuretés rencontrées lors de l'affinage électrolytique du cuivre.

Le Canada est un grand producteur de cuivre primaire, et au pays tout ce cuivre est produit par fusion. Or, durant le procédé de fusion, un grand nombre des impuretés présentes dans les concentrés de cuivre sont recueillies dans le produit de fonderie consistant en du cuivre ampoulé. Ces impuretés dans le cuivre ampoulé doivent être enlevées, autant pour répondre aux exigences du marché relativement à la conductivité du cuivre que pour ne pas perdre des sous-produits de valeur. Cette purification se fait partout par affinage électrolytique dans un électrolyte de $CuSO_4$–$H_2SO_4$. La question de l'élimination des impuretés préoccupe tous les producteurs étant donné qu'elle influe directement sur leurs opérations d'affinage électrolytique et sur la rentabilité de leurs installations. Durant l'affinage électrolytique, la plus grande partie de l'Ag, de l'Au, du Se et du Te forme des produits insolubles (boues anodiques). Bien que le traitement des boues anodiques se fasse depuis plus d'un siècle, ce procédé comporte encore beaucoup d'inconnues, et on s'attend à ce que les problèmes associés aux boues anodiques aillent en s'aggravant. Pour que l'industrie canadienne de l'affinage demeure viable face à la vive concurrence internationale, le défi technologique doit être relevé et des réponses doivent être trouvées pour surmonter les problèmes actuels.

**a) Caractérisation des anodes de cuivre et des boues anodiques**

Des zones d'anodes commerciales sans impuretés choisies avec soin ont été analysées à l'aide de la microsonde protonique au Max Planck Institut fur Kernphysik (Heidelberg) et à l'aide de la microsonde ionique au Surface Science Western (Londres). D'après les résultats obtenus avec la microsonde protonique, un certain nombre d'éléments, par exemple l'As (jusqu'à 200 ppm), l'Ag (jusqu'à 1 300 ppm), le Pb (jusqu'à 580 ppm) et l'Au (72 ppm à la limite de détection), peuvent être présents en solution solide dans la matrice de cuivre. Des analyses d'un élément particulier effectuées au moyen de la microsonde ionique ont confirmé la teneur en Au de la matrice de cuivre dans quatre anodes commerciales avec une marge d'erreur inférieure à 1 ppm d'Au.

Des études minéralogiques approfondies ont été effectuées sur un certain nombre d'anodes et de boues anodiques provenant de trois affineries de cuivre canadiennes. Les anodes, les boues anodiques brutes et les boues de réacteur de sulfatation de l'affinerie de cuivre Copper Cliff de l'INCO ont été étudiées en détail, et le comportement du Ni, du Se et du Te a été expliqué. On vient de découvrir la présence de phases silicates, et cette découverte a des répercussions commerciales. Les boues anodiques brutes provenant des trois affineries de cuivre ont été comparées, et une communication a été présentée sur cette question. Il a été montré que l'argent se dissout pendant l'affinage électrolytique mais que l'argent dissous était immédiatement précipité à nouveau sous diverses formes.

**b) Passivation des anodes**

On étudie présentement, au moyen de techniques voltampèremétriques cycliques, l'effet des impuretés $O_2$, Ag et Se sur la passivation des anodes de cuivre. Les boues produites lors de la polarisation sont analysées au moyen des techniques SEM-EDX (microscopie électronique à balayage – diffraction

électronique des rayons X) et XRD (diffraction des rayons X). Dans tous les cas, le temps de passivation diminuait lorsque la teneur en impuretés des anodes de cuivre augmentait.

Des mesures plus précises sont nécessaires pour qu'on puisse déterminer si des discontinuités de la solutilité du sulfate de cuivre dans un électrolyte commercial se produisent en fonction de la température et de l'acidité de la solution. On met présentement au point des méthodes analytiques permettant le dosage de l'As, du Sb, de l'Ag et du Si à l'état de traces dans les électrolytes des affineries électrolytiques.

**c) Arsenic dans l'affinage du cuivre**

La présence d'arsenic dans les anodes de cuivre peut réduire la passivation des anodes et accroître la qualité des cathodes. On a terminé une étude montrant qu'il est possible de réaliser l'extraction électrolytique d'un produit d'arséniure de cuivre utilisable pour le dopage du cuivre d'anode. Des dépôts d'arséniure de cuivre contenant jusqu'à 40 % d'As ont été obtenus par extraction électrolytique, et la teneur en As augmentait avec la densité de courant et le rapport As/Cu. Il n'y avait pas de dégagement d'arsine aux potentiels de fonctionnement normaux.

**d) Autres techniques possibles**

Un nouveau procédé de lixiviation sous pression ammoniacale a été mis au point pour les boues anodiques des affineries de cuivre, et une demande de brevet a été présentée. Des essais ont été effectués sur des boues de la Kidd Creek et de l'INCO.

En vertu d'une entente de recherche conclue avec EMR (n° 169/02/57), le professeur W.C. Copper de l'Université Queen's effectuera un examen critique des options de traitement des boues anodiques.

**Contrats :**

- Demande 5-9109, "Development of an improved method for monitoring the composition of electrolyte in the copper refinery", INCO Ltée. D.S. - D.J. MacKinnon.

**Demande de brevet :**

- Tan, K.G., Bédard, P.L. et Weatherell, C.J., "Selective ammonical pressure leaching process"; demande de brevet canadien n° 5556372; 12 janvier 1988.

**Rapports :**

- Morrison, M. et MacKinnon, D.J., "Literature survery on the electrodeposition of copper-arsenic alloys"; Rapport de division MSL 87-25 (LS).

- Chen, T.T. et Dutrizac, J.E., "Application of electron microscopy to the electrorefining of copper"; Rapport de division MSL 87-54 (J), version préliminaire.

- Tan, K.G., "Fulminating gold and silver"; Rapport de division MSL 87-59 (J).

- Chen, T.T. et Dutrizac, J.E., "Mineralogical characterization of anode slimes : Part 1 - Anode copper from INCO's Copper Cliff copper refinery"; Rapport de division MSL 87-72 (J), version préliminaire.

- Dutrizac, J. et Chen, T.T., "A mineralogical comparison of the anode slimes from three Canadian copper refineries"; Rapport de division MSL 87-84 (J).

- Chen, T.T. et Dutrizac, J.E., "Mineralogical characterization of anode slimes : Part 2 - Raw anode slimes from INCO's Copper Cliff refinery"; Rapport de division MSL 87-87 (J), version préliminaire.

- Chen, T.T. et Dutrizac, J.E., "Mineralogical characterization of anode slimes : Part 3 - Sulphation reactor slimes from INCO's Copper Cliff copper refinery"; Rapport de division MSL 87-88 (J), version préliminaire.

- Cabri, L.J., "Applications of proton and nuclear microprobes in ore deposit morphology and metallurgy"; Rapport de division MSL 87-110 (OP&J).

- MacKinnon, D.J. et Morrison, R.M., "The electrowinning of copper arsenide"; Rapport de division MSL 87-165 (TR).

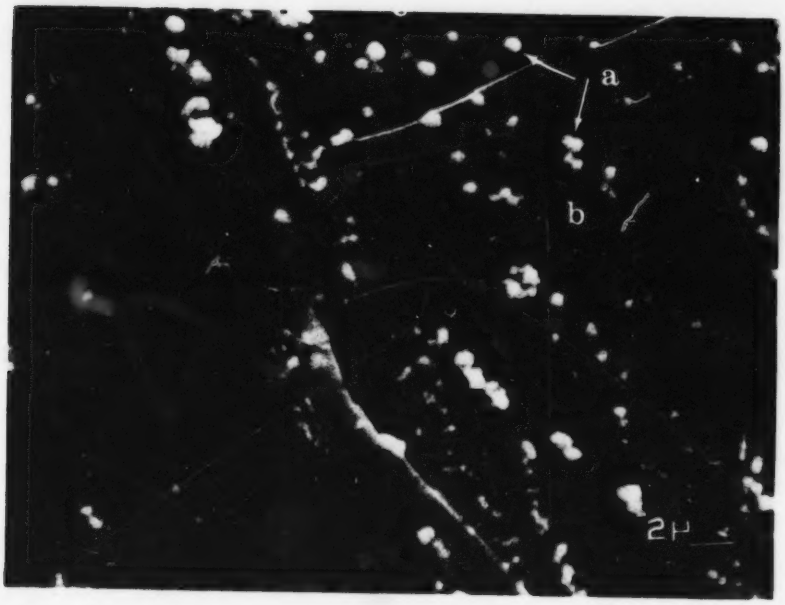



Fig. 3. Micrographie S.E.M. montrant le dépôt de cristaux d'argent sur des cristaux de sulfate de cuivre fermés lors de l'affinage électrolytique du cuivre. Le résultat est une réduction de l'argent par l'ion cuivreux dissous. a) - cristaux d'argent métallique, b) - cristaux de $CuSO_4.5H_2O$ formés sur l'anode de cuivre

**Extraction – Métaux rares**

- **Projet 30.61.01 : Mise au point d'un procédé de traitement de l'uranium**
  **Chef de projet : G.M. Ritcey**

**Objectifs :**

Améliorer sensiblement les procédés d'extraction d'uranium aux chapitres de la récupération des sous-produits, de l'efficacité des procédés, de la rentabilité et de l'incidence environnementale.

Les travaux relatifs à ce projet prévus pour l'exercice financier 1987-1988 ont été reportés.

- **Projet 30.61.02 : Or**
  **Chef de projet : T. Cienski**

**Objectifs :**

Mettre au point des procédés nouveaux ou améliorer les procédés existants en vue d'accroître les taux de récupération et de réduire les coûts en matière d'extraction de l'or, en accordant une importance particulière aux minerais réfractaires.

Le principal but visé par le projet sur l'or de CANMET est d'accroître l'accessibilité à l'or dont la récupération est pour le moment rendue difficile par les facteurs suivants : type de minerai, emplacement du gisement et règlements en matière d'environnement. Les secteurs considérés comprennent des études relatives à des options de remplacement du grillage, de la cyanuration et de l'adsorption sur du carbone. La priorité a toutefois été accordée aux minerais d'or réfractaires et à la recherche de techniques qui permettraient l'exploitation efficace du minerai. On effectue présentement à contrat la micro-analyse par sonde ionique de divers minerais d'or réfractaires. Une fois terminée, cette analyse fournira des informations supplémentaires qui permettront de retenir la meilleure méthode de récupération pour un type donné de minerai réfractaire.

**a) Études minéralogiques**

Suite à une proposition spontanée (23440-7-9037), une entente a été conclue avec le Surface Science Western de l'University of Western Ontario le 26 août 1987 en vue de la livraison du produit le 31 août 1988, en tenant compte des modifications apportées en mars 1988. Le titre de la proposition est : "Ion probe micro-analysis of gold in common sulphide minerals and implications for enhanced recovery from refractory gold ores" (Microanalyse, par sonde ionique, de l'or dans les minéraux sulfurés communs et conséquences pour la récupération accrue à partir des minerais d'or réfractaires). La proposition spontanée (P.S.) porte sur la microanalyse par sonde ionique, à l'aide d'une méthode mise au point avec le Surface Science Western (Chryssoulis, Cabri et Salter, 1987), de minerais réfractaires provenant de dix gisements canadiens et d'anodes de cuivre provenant de quatre affineries de cuivre. Le MAS, par voie de financement provisoire, CANMET, la CGC et dix sociétés minières dont les minerais sont analysés assurent le financement de la P.S. Malgré certains retards dus à des problèmes d'instrumentation, le travail se déroule de façon satisfaisante, et on prévoit qu'il sera terminé à la date prévue. À la fin de mars 1988, les analyses des anodes de cuivre étaient terminées, de même que les analyses de minéraux sulfurés provenant de deux gisements. On a confirmé que l'or dans les anodes de cuivre est distribué en grande partie dans la matrice de cuivre, et les teneurs en or, déterminées à l'aide de la microsonde ionique, correspondent très étroitement à celles qui ont été obtenues dans les essais généraux. Les analyses de minéraux sulfurés réfractaires effectuées à ce jour n'ont pas encore été évaluées.

Une communication intitulée "La minéralogie de l'or" a été préparée en vue d'être présentée au symposium de CANMET tenu à Val d'Or en février 1988.

**b) Laboratoire d'essai sur les placers du Nord**

À la demande de la Klondike Placer Miners Association et avec la collaboration de celle-ci, CANMET participe, de concert avec l'Université de la Colombie-Britannique, à l'installation d'un laboratoire de récupération d'or placérien fin. Le laboratoire, situé à Whitehorse, servira à traiter des échantillons de stériles provenant des exploitations d'or placérien et permettra d'évaluer les aspects économiques et techniques de la réduction des pertes d'or fin. Ce projet est en cours de réalisation.

**c) Récupération de l'or à partir des concentrés réfractaires**

On a réalisé la calcination par micro-ondes d'un concentré d'or réfractaire à arsénopyrite pyriteuse. Afin de prévenir la formation d'$As_2O_3$ et de $SO_2$ volatils, on a mélangé le concentré avec du NaOH, et on a irradié le mélange pendant 10 à 12 minutes avec des micro-ondes d'une puissance de 6 kW. Presque tout l'arsenic et le soufre ont été éliminés sous forme d'espèces solubles dans l'eau. On a ensuite réalisé la lixiviation du produit de calcination au cyanure, et les taux d'extraction de l'or et de l'argent ont atteint 99 % et 70 % respectivement. Avec la thio-urée acide comme agent de lixiviation, les taux de récupération ont atteint 98 % et 65 %.

**d) Amélioration du procédé**

Dans une installation de la région de Val d'Or, une cyanuration de 150 à 160 h permet d'obtenir un taux d'extraction de 95 % à partir d'un concentré de flottation. Dans des essais effectués à CANMET, une pré-aération de deux heures a permis de réduire le temps de lixiviation à 24 h et d'atteindre un taux de récupération de 98 %.

**e) Résines**

La méthode basée sur l'utilisation d'un lit de résine fluidisé profond et la méthode basée sur l'utilisation de résine-en-pulpe ont toutes deux été analysées en vue de l'adsorption de l'or à partir d'une solution. Les résultats obtenus n'ont pas permis de démontrer que les résines d'échange ionique sont supérieures au carbone activé, mais il y aurait lieu d'effectuer des travaux plus poussés sur un circuit pilote, avec de meilleures résines, afin d'évaluer cette technique de façon plus approfondie.

**f) Extraction de l'or au solvant**

Plusieurs réactifs organiques ont été évalués en vue de l'extraction de l'or à partir de solutions de cyanure clarifiées. Étant donné leurs propriétés, les amines quaternaires semblent être les agents d'extraction qui conviennent le mieux aux systèmes à solvant-en-pulpe. Les résultats des essais à petite échelle ont été confirmés sur un circuit continu de colonnes agitées. On a fait fonctionner la mini-installation pilote pendant 115 h, et on y a traité 334 L de solutions de lixiviation d'installations de production. Les taux de récupération de l'or étaient de 94 à 98 %, et les concentrations de l'or dans la matière organique atteignaient 2,5 g/L.

**g) Solvant-en-pulpe**

En utilisant comme agent d'extraction l'amine quaternaire choisie pour l'extraction au solvant de l'or à partir de solutions de cyanure, on a effectué, en installation pilote, des essais initiaux d'extraction de l'or

à partir d'une pulpe de lixiviation. Le matériel utilisé était un dispositif de contraction à godet rotatif Graesser modifié en vue de la manipulation de pulpes contenant jusqu'à 50 % de solides. Des agents tensio-actifs destinés à favoriser la décantation des pulpes et à réduire l'adsorption de matière organique sur les solides ont été évalués. Une charge de 2 g d'Au/L a pu être obtenue à partir d'une alimentation contenant 6 mg d'Au/L. Toutefois, les pertes de solvant ont été excessives en raison de la projection physique des gouttelettes organiques dans la pulpe. On prévoit apporter des modifications au matériel en vue de résoudre ce problème. Les essais avec le nouveau modèle se poursuivront.

**h) Thio-urée**

Des études portant sur la récupération de l'or à partir de solutions de thio-urée par réduction à l'hydrogène ont été effectuées. La méthode présente une bonne sélectivité pour la précipitation de l'or et de l'argent dans une solution contenant des impuretés, et aucune décomposition de la thio-urée n'est signalée. La précipitation peut être produite à basse pression et à la température ambiante; elle permet d'obtenir des taux de récupération élevés et une bonne cinétique. La pureté du produit obtenu est comparable à celle du produit obtenu avec la technologie existante, et l'étude de rentabilité préliminaire montre que cette méthode est prometteuse.

**i) Progrès en matière d'analyse**

Un système chromatographique basé sur la chromatographie à formation de paires d'ions dans lequel on utilise l'acide perchlorique et la détection UV a été mis au point en vue de la séparation et de la détection de produits résultant de l'oxydation de la thio-urée avec le peroxyde d'hydrogène. Cette réaction peut être suivie de la détermination des concentrations de thio-urée, de bisulfure de formamidine et d'acide sulfinique. D'autres produits détectés n'ont pas été identifiés.

- **Projet 30.61.04 : Terres rares**
  **Chef de projet : R. Molnar**

**Objectifs :**

En 1986, les industries ont présenté un certain nombre de demandes de renseignements relatives à l'application des méthodes de traitement des minerais par la métallurgie extractive et de récupération des sous-produits en vue de l'extraction des terres rares et d'autres métaux rares, comme la gallium. Beaucoup de travaux portant sur l'extraction des terres rares ont été effectués au cours des 20 dernières années, mais ce secteur n'a jamais fait l'objet d'un projet spécifique. Les travaux dans ce domaine ont plutôt été rattachés principalement aux projets portant sur l'extraction de l'uranium et des sous-produits connexes.

On a par conséquent affecté des ressources à un projet sur les terres rares en 1987, afin que CANMET soit en mesure de réaliser d'autres travaux de recherche et d'apporter un soutien en partageant les frais de contrats à récupération des coûts résultant des demandes. En 1987, aucune demande n'a mené à des travaux réalisés sur une base de récupération des coûts portant sur les terres rares. Néanmoins, il existe encore un intérêt réel pour ce domaine au sein de l'industrie, et certains travaux ont été réalisés en prévision des demandes futures en matière de technologie.

**a) Schéma de traitement de la monazite**

Un scientifique des LSM en visite en Australie a participé à un projet sur les terres rares réalisé conjointement avec l'ANSTO. Différentes sources d'alimentation et options de traitement ont été examinées. Un concentré de monazite a été choisi en tant que minerai d'alimentation. Une lixiviation à la soude caustique chaude suivie d'une dissolution dans l'acide chlorhydrique du résidu de lixiviation à la soude caustique a permis de solubiliser les terres rares et l'yttrium. Des études portant sur l'application de la méthode d'extraction au solvant à la solution de chlorure ont été effectuées. Plusieurs agents d'extraction ont été analysés. Un acide alkylphosphorique a été choisi. Des données relatives au lavage et à l'extraction en conditions d'équilibre, de même que des données sur l'épuration par étapes progressives ont été obtenues. Quelques essais au mélangeur–décanteur en continu, de même qu'un essai initial avec une colonne à pulsations à plaque criblée, ont été effectués.

**b) Récupération du gallium par échange d'ions**

Les possibilités offertes par la résine d'amidoxime pour l'extraction du gallium à partir de solutions Bayer ont été démontrées dans des essais à petite échelle. Des charges allant jusqu'à 4 g de Ga/L de résine et des taux de récupération du gallium de 90 % ont été obtenus. Le gallium chargé peut être élué avec des solutions acides minérales ou des solutions neutres d'EDTA ou d'acétylacétone. Le vanadium présent dans la solution Bayer provoque une diminution progressive de la capacité de la résine. Ce vanadium n'est pas libéré pendant l'élution normale, mais il est éliminé lentement par un traitement à l'acide concentré ou un traitement alcalin. Cependant, la résine semble être endommagée par ces traitements violents. Les travaux actuels visent à trouver un moyen de prévenir la co–extraction du vanadium ou une méthode permettant d'éliminer efficacement le vanadium de la résine.

## Normes et spécifications

- **Projet 30.69.01 : Matériaux de référence**
  **Chef de projet : C.W. Smith**

**Objectifs :**

Remplir un rôle de soutien en matière de fiabilité et de qualité de mesures chimiques et physiques relatives à des matériaux minéralogiques et métallurgiques répondant aux besoins et intérêts du Canada, en préparant et en certifiant des minéraux, minerais, concentrés, métaux, résidus et matériaux apparentés destinés à servir de matériaux de référence de composition connue.

Au Canada, CANMET a accepté de jouer un rôle de chef de file en matière de production et de certification de MR minéralogiques et métallurgiques par le biais du Projet canadien des matériaux de référence certifiés (PCMRC). Pour la réalisation de ses programmes de certification, le PCMRC a reçu la collaboration d'un bassin de spécialistes canadiens et étrangers en matière de mesures. Les objectifs et l'orientation du PCMRC sont revus par un comité consultatif formé de représentants de laboratoires d'industries, d'entreprises commerciales et d'établissements de recherche dans lesquels on effectue des mesures minéralogiques et métallurgiques.

**Situation actuelle :**

Pendant la période visée par le présent rapport, le PCMRC a vendu quelque 1 750 unités classées dans 67 matériaux de référence différents, qui ont rapporté 146 000 $. Le revenu de ces ventes a connu une

augmentation annuelle moyenne de 12 % au cours des cinq dernières années. Sept matériaux d'or de référence représentaient un tiers des matériaux distribués, ce qui reflète l'activité mondiale en matière d'exploration et de mise en valeur des gisements de cette ressource.

Au cours de l'année financière 1987, des valeurs recommandées pour dix-huit constituants du concentré de cuivre de référence CCU-1a ont été établies à partir de résultats de mesures fournis par plus de trente laboratoires participants. Ce matériau remplace le CCU-1, le troisième, sur le plan de la demande, des matériaux du PCMRC, qui a été épuisé à la fin de 1987.

Des mesures effectuées par dix-huit laboratoires participants ont permis d'établir des valeurs recommandées pour seize constituants du concentré de minerai d'uranium de référence CUP-2. Préparé en collaboration avec l'Analytical Subcommittee du Canadian Uranium Producers' Metallurgical Committee et Eldorado Nucléaire Limitée, le CUP-2 constitue un matériau de référence pour l'uranium et les impuretés contenus qui font l'objet d'évaluations dans les transactions commerciales relatives à ce produit.

Des échantillons sous forme de disques d'alliages de zinc/aluminium NZA-1 à NZA-7 ont été finis et étampés en vue de leur distribution en tant que matériaux de référence pour trois alliages et quatre impuretés contenus dans le matériau. Préparés en collaboration avec le Centre de recherches Noranda, les disques ont des compositions compatibles avec la série d'alliages ZA-8, ZA-12 et ZA-27. La distribution de ces matériaux, qui seront aussi disponibles sous forme de pastilles, a été retardée jusqu'à ce que la documentation du projet soit terminée.

Quatre échantillons de résidus de minerais ont été préparés en tant que matériaux de référence proposés, RTS-1 à RTS-4, à partir de matériaux donnés par la Noranda Corporation, l'INCO et la Falconbridge Limitée. Destiné principalement à des applications en matière d'assurance de la qualité au sein du Programme des résidus acides réactifs (PRAR), un programme de mesures relatives à dix-huit constituants a été mis sur pied avec la collaboration de participants du PRAR et de laboratoires commerciaux.

Les objectifs premiers concernant les nouveaux matériaux de référence pour l'or et les éléments du groupe platine à des concentrations présentant un intérêt sur le plan géochimique et sur le plan de l'exploration ont été approuvés par le comité consultatif. Le personnel de la Commission géologique du Canada jouera un rôle de premier plan aussi bien dans l'acquisition de matériaux adéquats que dans la coordination du programme de mesures appliqué à ces matériaux. Des matériaux adéquats ont été déterminés, et la cueillette est prévue pour le printemps.

Le personnel du Laboratoire de chimie a continué de fournir des informations critiques permettant de déterminer la composition et l'homogénéité des matériaux de référence proposés, de même que des résultats de mesures quantitatives effectuées par des spécialistes, qui sont utilisés dans les projets de certification. Le Laboratoire de chimie a de plus participé à une étude interlaboratoire réalisée par le Centre de recherches Noranda portant sur la précision de la détermination des concentrations des éléments à l'état de traces dans des échantillons d'eau. Les méthodes spectrométriques d'absorption atomique et d'émission atomique ICP ont été appliquées.

Le personnel du Laboratoire de métallurgie extractive a continué de fournir des services spécialisés en statistique et des services de calcul essentiels pour l'évaluation des données de mesures et pour la gestion des ventes de matériaux de référence. Il a aussi effectué des mesures thermogravimétriques sur la série RTS-1 à RTS-4 destinées à l'évaluation de la stabilité potentielle de ces matériaux.

Au cours de l'année financière 1987, on a aussi eu recours aux installations et au personnel des LSM pour la préparation de quatorze matériaux de référence proposés destinés à l'industrie privée, en vertu d'ententes à recouvrement des coûts conclues avec CANMET. Le personnel d'Environnement Canada a aussi utilisé les installations pour la préparation d'un matériau de référence proposé consistant en une poussière de four industriel.

Les LSM se tiennent au courant de la situation mondiale en matière de demandes de matériaux de référence par le biais de la participation de leur personnel au Comité consultatif canadien du REMCO (comité sur les matériaux de référence de l'Organisation internationale de normalisation).

**Contrats :**

- Demande 23440-7-9166 (-01 à -11), "Chemical analyses of ore tailings reference materials", divers laboratoires commerciaux canadiens. D.S. - C.W. Smith.

- **Projet 30.69.02 : Méthodes analytiques**
  **Chef de projet : J.C. Hole**

**Objectifs :**

Mettre au point et améliorer les installations de laboratoire, les techniques et les méthodes d'analyse, principalement pour aider CANMET à réaliser ses programmes, et participer aux travaux des groupes de travail et des comités d'organismes nationaux et internationaux qui sont chargés de trouver et de diffuser l'information sur les méthodes analytiques normalisées.

**1. Recherches analytiques et mise au point de méthodes**

**a) Dosage de l'arsenic dans des minerais, des concentrés et des matières apparentées par spectrométrie d'absorption atomique avec production d'hydrure**

Une méthode d'absorption atomique en four de graphite récente permettant d'évaluer des concentrations d'environ 0,2 eg/g ou plus d'arsenic dans des minerais, des concentrés, des roches, des sols et des sédiments, après séparation par extraction sous forme de xanthate à partir d'acide chlorhydrique 8-10 M, a été modifiée de façon à inclure une étape de finition de rechange consistant en une absorption atomique avec production d'hydrure.

**b) Dosage du sélénium dans des minerais, des concentrés et des matières apparentées par spectrométrie d'absorption atomique en four de graphite**

Une méthode de dosage en four de graphite, comprenant l'utilisation de nickel comme modificateur de matrice, a été mise au point pour permettre le dosage du sélénium à des teneurs d'environ 0,01 eg/g ou plus dans des minerais, des concentrés, des roches, des sols et des sédiments, après séparation du sélénium des éléments de la matrice par extraction au toluène du complexe 5-nitropiazosélénole à partir d'acide chlorhydrique 4,2 M environ.

**c) Dosage de l'antimoine dans des minerais, des concentrés et des matières apparentées par spectrométrie en four de graphite**

Une méthode de dosage en four de graphite, comprenant l'utilisation de palladium et de thio-urée comme modificateurs de matrice, a été mise au point pour permettre le dosage de l'antimoine à des

teneurs de quelque 0,1 eg/g, ou plus, dans des minerais, des concentrés, des roches, des sols et des sédiments, après séparation de l'antimoine des éléments de la matrice par extraction au cyclohexane sous forme de xanthate à partir d'acide chlorhydrique 4,5 M environ.

**d) Dosage du sélénium et du tellurium dans des minerais, des concentrés et des matières apparentées par spectrométrie d'absorption atomique avec production d'hydrure**

Le dosage du sélénium et du tellurium à l'état de traces dans des minerais et des matières apparentées par spectrométrie d'absorption atomique avec production d'hydrure, après leur séparation simultanée par extraction au cyclohexane sous forme de xanthates à partir d'acide chlorhydrique 10 M environ fait présentement l'objet d'études.

**e) Analyse de concentrés de chromite**

Des méthodes appropriées de prétraitement et de grillage ont été mises au point en vue du dosage par essai pyrognostique/absorption atomique de l'or et de l'argent contenus dans des concentrés de chromite.

**f) Techniques de décomposition aux micro-ondes**

Des études ont été effectuées sur la décomposition de minerais et de résidus de traitement par chauffage aux micro-ondes en présence d'acides dans un récipient pressurisé, mais aucune amélioration du rendement par rapport aux techniques classiques de décomposition par les acides n'a été observée.

**g) Dosage d'éléments à l'état de traces dans des concentrés de plomb, de zinc et de cuivre par spectrométrie d'émission atomique à plasma couplé inductivement après lixiviation assistée par micro-ondes**

Une méthode ICP-AES, comprenant le chauffage aux micro-ondes de l'échantillon pendant deux minutes en présence d'eau régale dans un récipient fermé, a été mise au point en vue du dosage de l'arsenic, de l'antimoine, du bismuth, du cadmium, de l'étain et du sélénium présents à l'état de traces dans des concentrés de plomb, de zinc et de cuivre.

**h) Dosage du platine, du palladium et de l'or dans des solutions et des solides**

Une méthode classique d'essai pyrognostique et de scorification a été modifiée de façon à permettre le dosage du platine, du palladium et de l'or dans des solutions et des échantillons solides, par spectrométrie d'absorption atomique et d'émission atomique à plasma couplé inductivement.

**i) Application de la détection spectrophotométrique UV à la chromatographie liquide à haute performance (HPLC)**

On a étudié la possibilité d'appliquer la détection spectrophotométrique UV au dosage du bromure, de l'oxalate, du nitrate et de l'arsenic par HPLC.

**j) Dosage de l'arsenic(III) et de l'arsenic(V) par chromatographie en phase liquide à haute performance/spectrométrie d'absorption atomique avec production d'hydrure**

Une méthode de spectrométrie d'absorption atomique avec production d'hydrure, comprenant la séparation des espèces d'arsenic par HPLC, a été mise au point en vue du dosage de l'arsenic(III) et de l'arsenic(V) dans des solutions.

**k) Dosage des éléments des terres rares dans les aciers par chromatographie d'échange ionique dynamique**

La chromatographie d'échange ionique dynamique a été appliquée directement au dosage du néodyme, du praséodyme, du lanthane et du cérium présents à l'état de traces (1 µg/g) dans des aciers, après optimisation de la capactié effective de l'échangeur d'ions combinée à un accroissement de la sensibilité de la détection post-colonne avec de l'Arsenazo III.

**l) Dosage des éléments des terres rares dans des matériaux métallurgiques par chromatographie d'échange ionique dynamique**

En optimisant les paramètres de l'appareillage, on a mis au point des systèmes d'échange ionique dynamique en vue du dosage des éléments des terres rares dans des alliages de zinc-aluminium, dans du néodyme métallique utilisé pour la production d'alliages supermagnétiques et dans diverses matières obtenues au cours de traitements métallurgiques, comme le traitement des minerais contenant des terres rares et la production d'aluminium par le procédé Bayer.

**m) Technologie des traces de fission**

On a fait l'acquisition d'un microscope de pointe et d'un appareil de polissage pendant l'exercice financier, et on a mis au point une méthode de montage, de polissage et d'attaque du zircon. Des travaux sur une base de recouvrement des coûts ont été effectués avec succès sur des échantillons fournis par le département de géologie de l'Université d'Ottawa, mais pas sur les échantillons provenant du Saskatchewan Research Council. Dans un programme conjoint avec le United States Geological Survey de Denver, deux minéraux, la moldavite-tectite et l'obsidienne-macusanite, qui ont été choisis comme matériaux de référence proposés pour fins de datation par les traces de fission, ont été analysés un grand nombre de fois afin de donner une estimation de l'âge relativement fiable.

**n) Manuel de laboratoire de l'Agence internationale de l'énergie atomique**

Le personnel du Laboratoire de chimie participe aux travaux d'un comité chargé de préparer un manuel de laboratoire de l'AIEA portant sur la chimie analytique de l'industrie de l'exploration, de l'extraction et du traitement de l'uranium. Huit rapports décrivant les méthodes devant figurer dans ce manuel ont été proposés et analysés. On est rendu aux dernières phases de la préparation d'un rapport additionnel.

**o) Cours sur la fluorescence X à CANMET**

Un cours de trois jours sur l'analyse par fluorescence X, présenté au 555, rue Booth, Ottawa, en mai 1987, a été financé conjointement par CANMET et l'Analytical Subcommittee du Canadian Uranium Producers Metallurgical Committee. Il était donné par deux personnes-ressources de renommée internationale et a été suivi par 22 personnes venant de laboratoires de l'industrie, du gouvernement et autres.

**p) Système d'information informatisé LIMS pour le Laboratoire de chimie**

Le réseau de micro-ordinateurs reliant les différentes sections du Laboratoire de chimie a été installé pendant l'année, la préparation du logiciel initial a été achevée et le système a été mis en service. Des données concernant tous les échantillons reçus par le Laboratoire de chimie sont maintenant entrées dans le système, et des rapports d'analyses ainsi que des rapports sommaires mensuels peuvent être imprimés.

Des modifications mineures sont apportées au logiciel au fur et à mesure qu'on acquiert de l'expérience avec le système. Le programme d'inventaire des magasins de produits chimiques est terminé à environ 95 %.

**q) Réflectance interne et spectroscopie infrarouge**

On a fait l'acquisition d'une cellule cylindrique à réflectance interne (CIRCLE CELL) et on l'a installée sur le spectromètre Digilab FTS-40 (pour spectroscopie à l'infrarouge avec transformation de Fourier, FTIR). Des essais du matériel ont été effectués avec des solutions neutres, dans le cas du cristal ZnSe, et avec des solutions acides ayant un pH de 2, dans le cas du cristal AMTIR. Des concentrations de solutés organiques de 2 à 30 % ont donné des spectres acceptables dans la plage de 3 100 à 800 cm-1 après soustraction spectrale de l'eau utilisée comme solvant.

**r) Examen à l'infrarouge de matières organiques en hydrométallurgie**

Des méthodes pour l'examen de certaines matières provenant de procédés hydrométallurgiques ont été mises au point. Des solutions de réactifs régénérées provenant de l'affinage électrolytique du cuivre, contenant des lignosulfonates et des polypeptides dans un acide concentré, et certaines fractions isolées à partir de ces solutions, ont été soumises à des examens visant à déterminer la présence de produits de décomposition ou d'impuretés, ou des deux. En raison de l'approvisionnement limité en échantillons, on n'a pu réaliser la concentration de ces produits en vue d'études plus approfondies. Des résines d'amidoxime échangeuses d'ions, qu'on se propose d'utiliser pour la récupération du gallium, ont été examinées après chargement du gallium et après lavage avec divers acides.

**2. Élaboration de normes**

**a) ISO/TC 102 (minerais de fer)**

Cette année encore, CANMET a apporté une contribution importante aux travaux de ce comité technique de l'Organisation internationale de normalisation.

**i) ISO/TC 102/SC 1 (échantillonnage)**

En plus de l'examen suivi des diverses normes relatives à l'échantillonnage des minerais de fer, le sous-comité étudie les possibilités d'application de "variogrammes" à l'échantillonnage des minerais de fer. Un cadre des LSM représente le Canada au groupe de travail constitué pour cette étude.

**ii) ISO/TC 102/SC 2 (analyse chimique)**

Un cadre des LSM préside ce sous-comité et agit à titre de partenaire correspondant pour quatre de ses groupes de travail. Quatre études interlaboratoires de méthodes analytiques proposées ont été achevées, et de nombreux documents techniques ont été revus.

**iii) ISO/TC 102/SC 2/WG 12 (analyse chimique - groupe de travail sur les données statistiques)**

Un cadre des LSM convoque ce groupe de travail, qui évalue les données statistiques de tous les essais internationaux faits par le sous-comité. Six groupes d'essais internationaux ont été achevés et évalués. Les résultats de ces essais ont contribué à l'acceptation, en principe, de ces méthodes d'analyse comme normes de l'ISO.

**b) ISO/TC 183 (concentrés et minerais de cuivre, de plomb et de zinc)**

Deux cadres des LSM sont membres du comité consultatif canadien auprès de ce comité technique de l'ISO. Tous deux sont membres du comité d'honneur pour la réunion internationale du comité ISO/TC 183 qui se tiendra à Ottawa en mai 1988.

**i) ISO/TC 183 (analyse chimique)**

Un cadre des LSM agit à titre de partenaire correspondant pour un groupe de travail, et il a participé à trois études interlaboratoires. Divers documents techniques ont été revus.

**ii) ISO/TC 183/WG 10 (évaluation statistique)**

Un cadre des LSM convoque ce groupe de travail. Huit essais internationaux, au stade de la normalisation, ont été menés à terme; les résultats font présentement l'objet d'une évaluation statistique, et seront présentés à la réunion internationale du comité technique qui se tiendra en mai 1988.

**c) ISO/TC 69 (application de méthodes statistiques)**

Ce comité technique est chargé d'élaborer les normes génériques régissant l'application des méthodes statistiques utilisées par les autres comités techniques de l'ISO. Un cadre des LSM représente le Canada dans le groupe de travail sur la révision de la norme générique ISO 5725 applicable à la détermination de l'exactitude des méthodes d'essai. Cette même personne préside également le comité consultatif canadien des sous-comités 3 et 6 et elle convoque le comité SC 6/WG 4 sur les matériaux de référence.

**d) Cueillette et stockage des données à l'échelle internationale**

Les LSM servent de centre international pour les données analytiques produites par les comités ISO/TC 102 et ISO/TC 183. Les bases de données ainsi que les programmes d'extraction et d'évaluation statistique des données sont créés et tenus à jour par le personnel des LSM, au moyen des installations du Centre des services informatiques d'EMR.

**Rapports :**

- Barkley, D.J. et Dahms, T.E., "Dynamic ion exchange chromatography for the determination of rare earths in steels, alloys and advanced materials"; Rapport de division MSL 87-52 (OP).

- Barkley, D.J. et Dahms, T.E., "The analysis of rare earths in steels and Nd-alloy by dynamic ion exchange chromatography"; Rapport de division MSL 87-70 (J) (sous presse).

- Donaldson, E.M. et Leaver, M.E., "Determination of arsenic in ores, concentrates and related materials by continuous hydride-generation atomic-absorption spectrometry after separation by xanthate extraction"; Rapport de division MSL 87-114 (J) (sous presse).

- Donaldson, E.M., "Determination of selenium in ores, concentrates and related materials by graphite-furnace atomic-absorption spectrometry after separation by extraction of the 4-nitro-o-phenylenediamine complex"; Rapport de division MSL 87-139 (J) (sous presse).

- Cloutier, J.C. et Moloughney, P.E., "A rapid fire-assay/atomic absorption method for the determination of platinum, palladium and gold in ores and concentrates: A modification of the tin-collection scheme"; Rapport de division MSL 87-125 (OP&J), version préliminaire.

- Sutarno, R. et Bowman, W.S., "ISO/TC 183/WG 6A – Determination of zinc in zinc concentrates: Statistical evaluation of international test data 1984–1986"; Rapport de division MSL 86–56 (IR).

- Sutarno, R. et Bowman, W.S., "ISO/TC 183/WG 5A – Determination of lead in lead concentrates: Statistical evaluation of international test data 1984–1986"; Rapport de division MSL 87–9 (IR).

- Sutarno, R., "ISO/TC 183 – Copper, lead and zinc ores and concentrates: Procedure for statistical evaluation of analytical data resulting from international tests"; Rapport de division MSL 87–18 (J).

- Sutarno, R., "ISO/TC 183 – Copper, lead and zinc ores and concentrates: Working Group operating procedure"; Rapport de division MSL 87–19 (J).

- Sutarno, R., "ISO/TC 69 – Canadian Delegation Report on ISO/TC 69/SC 6/WG 1 and WG 4 meeting held in London, U.K. 1987–05–18/21"; Rapport de division MSL 87–81 (TR).

- Sutarno, R., "ISO/TC 69 – Canadian Delegation Report on ISO/TC 69/SC 6, WG 1 and WG 4 meetings held in Atlanta, GA, U.S.A. 1987–09–14/18"; Rapport de division MSL 87–128 (TR).

- Sutarno, R., "ISO/DP 5725 Part 4 – Basic methods for estimating trueness of a test method"; Rapport de division MSL 87–130 (J).

- Sutarno, R., "ISO/TC 183 – Copper and zinc ores and concentrates: Procedure for statistical evaluation of analytical data resulting from international tests (second draft)"; Rapport de division MSL 87–149 (J), version préliminaire.

- **Projet 30.69.03 : Agrégats/béton – Essais et normes**
  **Chef de projet : G.G. Carette**

**Objectifs :**

Fournir des compétences et de l'information techniques aux organismes de normalisation canadiens et internationaux qui s'occupent des agrégats et du béton, en mettant au point des essais in situ, des méthodes d'essais non destructifs et d'autres types d'essais, en assurant la coordination du programme d'essais comparés d'échantillons de ciment de l'ACNOR, en organisant des conférences sur l'application des essais non destructifs de même que sur l'utilisation des nouveaux produits entrant dans la composition des bétons et sur leur durabilité, et en participant aux comités de l'ACNOR, de l'ACI, de l'ASTM, de l'ISO, etc.

Les normes et les essais sur les agrégats, le ciment et le béton contribuent beaucoup à garantir que le comportement du béton sera conforme aux devis des projets de construction, et aident ainsi à protéger les intérêts du public et à assurer sa sécurité.

**a) Programme conjoint et comparé d'échantillonnage des ciments de l'ACNOR**

À la demande du Comité d'étude des ciments hydrauliques de l'ACNOR et de l'industrie canadienne du ciment, les laboratoires canadiens d'essai des ciments et CANMET ont entrepris à la fin de 1978 un projet conjoint pour évaluer les spécifications et les méthodes d'essais actuellement utilisées au Canada relativement aux ciments. CANMET s'occupe de la coordination de ce programme; il est chargé de son

organisation générale et, notamment, de la préparation et de la distribution des échantillons d'essai et de la compilation, de l'analyse et de la publication des données expérimentales.

De plus, à la demande du comité susmentionné, CANMET a entrepris un nouveau programme national d'échantillons de ciment de référence, afin de fournir à l'industrie un moyen de vérifier ses méthodes d'essais de résistance des ciments. Initialement, il était prévu que l'échantillon de référence serait disponible au cours de l'été 1987 mais, vu la nécessité de travaux de caractérisation additionnels du matériau, l'échéance a été reportée jusqu'en 1988. L'échantillon sera distribué par le biais du Programme canadien des matériaux de référence certifiés de CANMET.

**b) Atelier international sur les fumées de silice condensées dans le béton**

CANMET a parrainé un atelier de 2 jours sur les fumées de silice condensées dans le béton, qui s'est tenu à Montréal en mai 1987 et qui a été un succès. Le but visé par cet atelier était de fournir les dernières informations relatives à ce nouveau matériau cimentaire et d'étudier ses possibilités et ses limites. L'atelier comprenait 22 communications techniques, et il a réuni 140 participants venant de plus de 12 pays.

**c) Atelier international sur l'utilisation de laitier dans le béton**

CANMET a aussi parrainé un atelier de 2 jours intitulé "Granulated Blast-Furnace Slag in Concrete" (utilisation de laitier de haut fourneau granulé dans le béton), qui s'est tenu à Toronto en octobre 1987. Au total, 23 communications techniques portant sur les plus récents développements en matière d'utilisation de laitier de haut fourneau dans le béton dans différents pays ont été présentées. Elles comprenaient notamment une présentation sur l'état actuel des travaux de CANMET relatifs à la mise au point d'une nouvelle source canadienne de laitier de haut fourneau granulé destiné à des applications en tant que matériau cimentaire. L'atelier a aussi été une réussite; il a attiré 115 participants provenant de 9 pays.

**d) Séminaire sur les cendres volantes**

Un séminaire portant sur l'utilisation de cendres volantes dans le béton a été tenu à Halifax en novembre 1987. Il s'agissait du deuxième séminaire organisé par CANMET dans le but de fournir les plus récents résultats de la recherche effectuée sur les cendres volantes en vertu d'une EEM conclue avec la Nouvelle-Écosse. Le séminaire a été bien accueilli; plus de 60 ingénieurs de la région y ont participé.

**e) Conférence internationale sur la performance du béton en milieu marin**

La deuxième conférence internationale de CANMET sur la performance du béton en milieu marin, "Performance of Concrete in Marine Environment", est en cours de préparation. Cette conférence de 5 jours se tiendra à St. Andrews (N.-B.) en août 1988. Le programme final a été présenté; il comprend 50 communications techniques qui seront aussi publiées dans les actes de la conférence.

**Articles publiés dans des périodiques extérieurs :**

- Carette, G.G. et Malhotra, V.M., "Characterization of Canadian fly ashes and their relative performance in concrete"; Canadian Journal of Civil Engineering 14:667-682; 1987.

**Articles publiés dans des actes de conférences :**

- Malhotra, V.M., Carette, G.G. et Bremner, T.W., "Durability of concrete containing supplementary cementing materials in marine environment"; Proceedings of the Katharine and Bryant Mather International Conference on Concrete Durability; Atlanta (Georgie); 1987.

- Sivasunderam, V., Carette, G.G. et Malhotra, V.M., "Superplasticized high-volume fly ash system to reduce temperature rise in mass concrete"; Proceedings of the Eight International Ash Utilization Symposium; Washington, D.C.; 1987.

**Présentations :**

- Carette, G.G., "Preliminary data on long-term strength development of condensed silica fume concrete"; International Workshop on Condensed Silica Fumes in Concrete; Montréal (Québec); mai 1987.

- Carette, G.G., "Superplasticized high-volume fly ash system to reduce temperature rise in mass concrete"; Eight International Ash Utilization Symposium; Washington, D.C.; octobre 1987.

**Divers :**

- Membre du comité organisateur; International Workshop on Condensed Silica Fumes in Concrete; Montréal; 1987.

- Membre du comité organisateur; International Workshop on Granulated Blast-Furnace Slag in Concrete; Toronto; 1987.

**Récupération des sous-produits**

- **Projet 30.77.01 : Récupération de l'argent dans l'industrie du zinc**
  **Chef de projet : J.E. Dutrizac**

**Objectifs :**

Relever le taux de récupération de l'argent jusqu'à plus de 75 % dans les installations canadiennes de traitement du zinc. Il faudra pour ce faire expliquer le comportement de l'argent dans les circuits de traitement du zinc, classiques et proposés, et déterminer les bilans chimiques et minéralogiques de l'argent de ces opérations. La mise au point, au banc et en mini-installation pilote, de nouvelles techniques de traitement susceptibles de permettre d'améliorer le taux d'extraction de l'argent dans les installations de traitement du zinc d'ici 1987 constitue un objectif tout aussi important. Le succès du projet se mesurera par la valeur des rapports scientifiques et par celle des nouveaux procédés de traitement visant à accroître le taux de récupération de l'argent.

Le Canada est le plus grand fournisseur mondial de concentrés de zinc, et l'un des principaux producteurs de zinc métal. Bien que tous les concentrés de zinc canadiens marchands contiennent de l'argent susceptible d'être éventuellement récupéré, les taux actuels de récupération de ce métal précieux dans certaines usines canadiennes sont négligeables. Il est donc essentiel d'entreprendre un examen minutieux

de toute la question du comportement et de la récupération de l'argent dans l'industrie du zinc, de la caractérisation du minerai à celle des produits et résidus finals, en passant par les diverses étapes du traitement.

**a) Achèvement réussi d'un projet**

Le présent projet, qui a été mis en oeuvre avec l'étroite collaboration de l'industrie canadienne du zinc, se termine à la fin de l'exercice financier 1987–1988. Tous les objectifs du projet ont été atteints. Par le biais de contrats entre CANMET et le Centre de recherches Noranda, un procédé de flottation a été mis au point; il permet de récupérer plus de 75 % de l'argent dans des résidus neutres de lixiviation du zinc et de produire un concentré contenant environ 1 % d'Ag. De plus, beaucoup d'efforts ont été consacrés à des travaux visant à caractériser le comportement minéralogique de l'argent pendant le traitement du zinc. Ces travaux ont aussi permis d'acquérir des connaissances importantes relatives au problème connexe de réduction de la teneur en fer. De nouvelles méthodes sensibles d'analyse de l'argent ont été mises au point, et les effets des procédés de récupération de l'argent sur l'électrolyse subséquente du zinc ont été expliqués. L'achèvement réussi de ce projet devrait faciliter la récupération de l'argent dans les usines canadiennes de zinc dans lesquelles aucun métal précieux n'est pour l'instant récupéré comme sous–produit.

**b) Recherches minéralogiques**

Plusieurs résidus de lixiviation du zinc et concentrés de flottation produits à partir de résidus ont fait l'objet d'études minéralogiques portant sur les formes d'argent présentes. Dans les concentrés de flottation produits à partir de résidus de lixiviation neutres, l'argent est présent principalement sous forme de sulfure, souvent sous forme de couronnes d'$Ag_2S$ sur la sphalérite ou de minuscules grains d'$Ag_2S$ dans des sphérules de soufre élémentaire – gel de silice. Par contre, l'argent contenu dans les concentrés produits à partir de résidus de lixiviation à l'acide super–chaud se présente principalement sous la forme d'AgCl, et les grains d'AgCl sont souvent occlus dans du soufre élémentaire – gel de silice.

**c) Argent dans le traitement du zinc**

L'argent peut être extrait des résidus de zinc par lixiviation à la thio–urée, et un intérêt commercial pour ce procédé se manifeste actuellement. Les aspects fondamentaux de la réaction de la thio–urée avec l'argent métal ont été étudiés, et un rapport a été publié.

L'argent est souvent présent dans les résidus de zinc sous forme de composés de type jarosite à partir desquels il ne peut être extrait facilement par lixiviation. On a effectué des études visant à déterminer la possibilité de décomposer les composés de type jarosite à environ 225 °C pour former du $Fe_2O_3$ stable dans l'environnement et libérer l'argent. Un certain succès a été obtenu, et il semble que l'argent se dépose sur la sphalérite résiduelle, qui peut éventuellement être récupérée par flottation à partir de l'hématite.

**d) Extraction du zinc par voie électrolytique**

Dans le cadre d'un projet permanent visant l'optimisation de l'extraction du zinc par voie électrolytique, au moyen d'électrolytes sulfatés acides, un article décrivant les effets caractéristiques de 15 impuretés et leur interaction avec la colle en conditions d'extraction électrolytique commerciale a été publié.

Les initiatives de récupération de l'argent contenu dans les résidus de la lixiviation du zinc ont été axées sur la flottation et la lixiviation à la thio–urée. Des procédés d'extraction au solvant sont aussi étudiés en

vue de l'élimination du fer dans les circuits de traitement du zinc. Étant donné qu'il existe une possibilité de contamination organique des électrolytes du zinc, on a étudié les effets de la thio-urée, des réactifs de flottation et de certains agents d'extraction organiques sur l'efficacité du courant, le comportement de la polarisation et la morphologie-orientation des dépôts. Toutes les matières organiques sont nuisibles, mais elles peuvent être partiellement éliminées par traitement au carbone activé.

**Contrats :**

- Demande 4-9295, "Computation of PIXE analytical data", University of Guelph. D.S. - L.J. Cabri.

- Demande 5-5054, "Recovery of silver from zinc plant residues - Phase II", Centre de recherches Noranda. D.S. - J.E. Dutrizac.

- Demande 5-9129 EEM, "Gold-silver recovery from zinc pressure leach residues - Phase I", Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. D.S. - W.J.S. Craigen.

- Demande 5-9220 EEM, "Metal recovery oxide residues", Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. D.S. - W.J.S. Craigen.

- Demande 6-9191 EEM, "Gold-silver recovery from zinc pressure leach residues - Phase III", Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. D.S. - W.J.S. Craigen.

**Rapports :**

- Dutrizac, J.E. et Chen, T.T., "Mineralogical characterization of silver flotation concentrates made from zinc leach residues"; Rapport de division MSL 88-21 (J), version préliminaire.

- Dutrizac, J.E., "An overview of iron precipitation in hydrometallurgy"; Rapport de division MSL 87-43 (J).

- MacKinnon, D.J., Dutrizac, J.E., Brannen, J.M. et Hardy, D.J., "The behaviour of thiourea and flotation reagents in zinc electrowinning circuits"; Rapport de division MSL 87-65 (J).

- Chen, T.T. et Dutrizac, J.E., "Mineralogical characterization of two alunite and two natrojarosite samples"; Rapport de division MSL 87-75 (TR).

- Dutrizac, J.E. et Chen, T.T., "Mineralogical characterization of the silver flotation concentrate made at Vieille-Montagne, Balen, Belgium"; Rapport de division MSL 87-99 (J), version préliminaire.

- Chen, T.T. et Dutrizac, J.E., "Mineralogical characterization of silver flotation concentrates made from zinc neutral leach residues"; Rapport de division MSL 87-118 (J), version préliminaire.

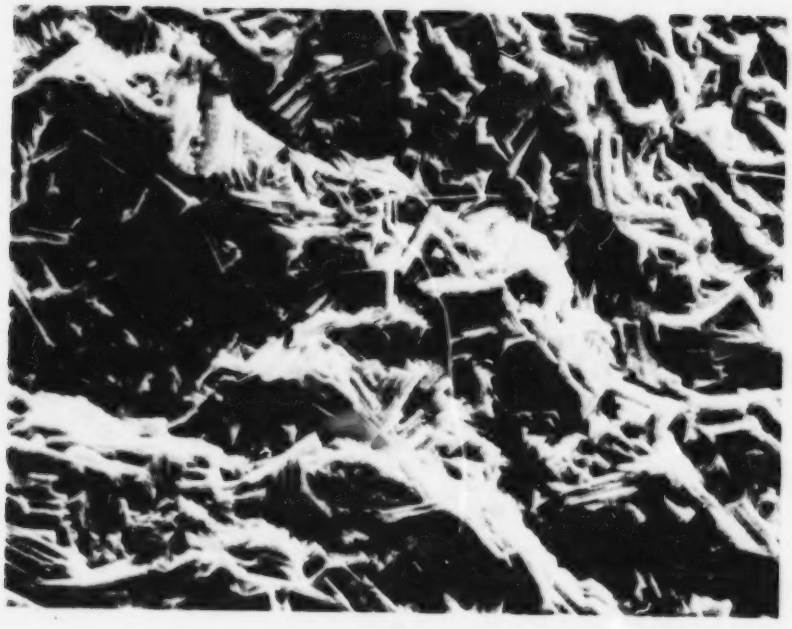


Fig. 4. Micrographie SEM montrant la structure d'un bon dépôt de zinc commercial

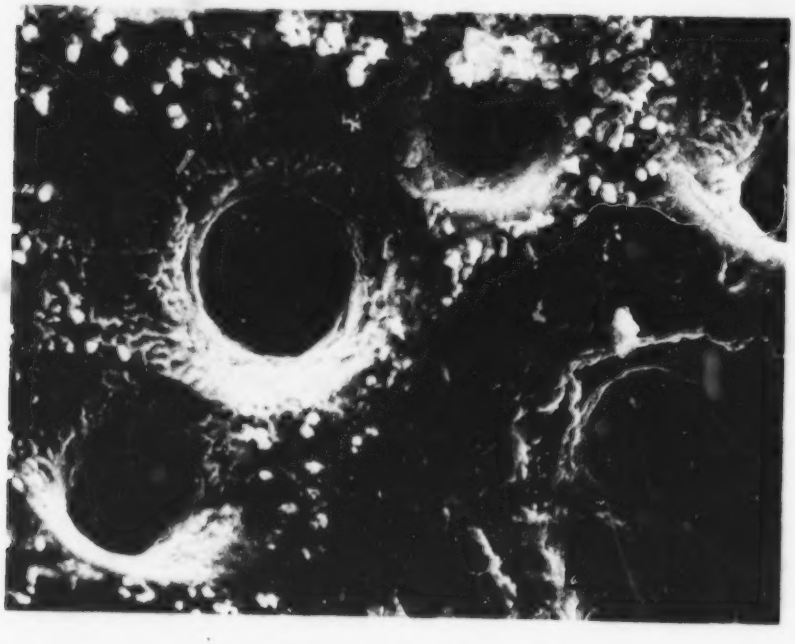


Fig. 5. Micrographie SEM montrant l'effet nuisible des réactifs d'extraction au solvant sur la morphologie des dépôts de zinc, même après traitement au carbone activé. Les trous circulaires sont des sites probables de libération d'hydrogène gazeux non voulue.

- **Projet 30.77.02 : Laitiers métallurgiques non ferreux**
  **Chef de projet : A.H. Webster**

**Objectifs :**

Mettre au point des méthodes permettant de réduire les pertes de métaux de valeur tels le nickel, le cuivre, le cobalt et les métaux précieux, et d'accroître le taux d'élimination des éléments indésirables, comme l'arsenic, le bismuth et l'antimoine dans les laitiers, en améliorant la compréhension des facteurs qui influent sur les pertes de métal dans les laitiers et en recommandant des méthodes pour réduire ces pertes.

Le traitement de la plupart des concentrés de minerais sulfurés de cuivre, de nickel et de plomb comporte une fusion pyrométallurgique. Un grand nombre des concentrés qui sont soumis à ce traitement contiennent de petites quantités de métaux de valeur, comme le cobalt, le molybdène, le zinc et les métaux précieux, dont une partie se perd dans le laitier. Des méthodes permettant de réduire ces pertes ou de récupérer les métaux ainsi perdus, avant que le laitier ne soit éliminé, aideraient donc à conserver les ressources minérales du Canada, en accroissant le taux d'extraction des métaux présents dans les minerais.

**a) Récupération des métaux de valeur dans les laitiers sous la forme d'une matte à haute teneur en fer**

Une étude sur le recyclage d'une matte de sulfure de fer avec du laitier fondu frais visant à accroître les concentrations de Ni, de Co et de Cu dans la matte a été achevée, et le rapport est en cours de préparation.

Le traitement de laitiers industriels avec une matte à haute teneur en fer (pyrrothine) en vue d'extraire des éléments de valeur, tels nickel, cobalt et cuivre, s'est révélé prometteur. On a constaté que ces éléments se regroupaient dans deux phases distinctes dans la matte pauvre en soufre refroidie : une phase riche en fer contenant la plus grande partie du nickel et du cobalt, et une phase ressemblant à la bornite et contenant la plus grande partie du cuivre. Afin d'améliorer le procédé d'extraction, des quantités de carbone et de fer ont été ajoutées de façon à donner un milieu plus réducteur, nécessaire en particulier pour l'extraction du cobalt. Ces séries d'expériences ont été réalisées dans des conditions optimales déterminées antérieurement, avec un rapport laitier/matte de 6/1, à 1250 °C, dans une atmosphère d'argon sans oxygène. L'analyse chimique et l'analyse par microsonde électronique ont été utilisées dans l'étude.

Dans les phases préliminaires de l'étude, les effets de l'addition de carbone au laitier et à la pyrrhotine séparément ont été examinés. Les paramètres expérimentaux, par exemple les caractéristiques géométriques de l'échantillon, le type de carbone et la taille de ses particules, et la composition du creuset, ont été optimisés. Des quantités de carbone représentant 1, 3, 5 et 10 % en masse (par rapport au laitier) ont été ajoutées. Les résultats ont montré qu'avec l'addition d'une plus grande quantité de carbone, et par conséquent un milieu plus réducteur, l'extraction du nickel, du cobalt et du cuivre était améliorée de façon appréciable. Il a cependant été difficile de séparer la matte du laitier, particulièrement lorsque les quantités de carbone ajoutées étaient plus grandes. L'extraction optimale des trois éléments a été obtenue pour des taux d'addition de carbone de 3 à 5 %.

De même, l'effet de l'addition de quantités de fer de 1, 3, 5 et 10 % en masse aux mélanges laitier/matte a été analysé. Les résultats ont montré que l'addition de fer améliore le transfert du nickel, du cobalt et

du cuivre du laitier à la matte, mais pas autant que le fait l'addition de carbone. L'extraction du cuivre est l'opération sur laquelle l'addition de fer a le moins d'effet. Le fer métallique contenu dans la matte refroidie a agi comme un collecteur qui a permis la formation d'un alliage riche en fer contenant la plus grande partie du nickel et du cobalt; une phase ressemblant à la bornite contenait une partie du cuivre. Le taux optimal d'addition de fer était de 3 à 5 %. La matte était beaucoup plus facile à séparer du laitier après le traitement que dans le cas de l'addition de carbone.

Des travaux de recherche portant sur des méthodes de concentration du nickel, du cobalt et du cuivre (sous une forme récupérable) extraits dans la matte de FeS ont commencé.

**b) Distribution du cobalt entre le laitier et la matte à haute teneur en fer**

Des études expérimentales en laboratoire ont été effectuées sur la distribution à l'équilibre du cobalt entre le laitier fondu et la matte de FeS. Les effets de divers paramètres expérimentaux, par exemple la méthode d'échantillonnage, la quantité et la forme du cobalt ajouté, le temps pendant lequel la coulée est maintenue à la température voulue, et la présence ou l'absence de nickel et de cuivre, ont été analysés. Les résultats préliminaires ont montré que le coefficient de distribution du cobalt peut dépendre de la quantité de cobalt ajoutée dans le mélange fondu.

**c) Liaison avec l'industrie**

Un contrat de recherches expérimentales à frais partagés passé avec la Falconbridge Limitée, destiné à recueillir des informations en vue de la mise au point d'un procédé de fusion propre amélioré, a été mené à terme. Les résultats de l'étude en quatre parties devraient se traduire par des améliorations du procédé de la Falconbridge qui permettront de réduire les émissions de $SO_2$ et d'augmenter les taux de récupération du nickel et du cobalt tout en maintenant un fonctionnement fiable du four.

**Contrats :**

- Demande 3-9172, "To develop a clean smelting process for highly roasted copper-nickel calcines and to improve metal recovery", Falconbridge Ltée. D.S. - A.H. Webster.

**Protection de l'environnement**

- **Projet 30.86.01 : Caractérisation des stériles et mécanismes de contrôle**
  **Chef de projet : G.M. Ritcey**

**Objectifs :**

Contribuer à la mise au point de méthodes permettant de maîtriser et d'éliminer efficacement les produits susceptibles de contaminer l'environnement, qui sont rejetés lors des activités d'exploitation minière et de traitement.

Il devient de plus en plus évident que les méthodes actuellement utilisées pour maîtriser et éliminer les déchets résultant des opérations d'exploitation minière et de traitement posent certains problèmes d'ordre environnemental, liés notamment à la production d'acide et à la libération de nombreux autres éléments pouvant présenter des dangers.

Idéalement, il faudrait pouvoir résoudre ces problèmes en ayant recours à des procédés déjà bien connus, pouvant facilement remplacer ceux qui sont actuellement utilisés, ou encore leur être ajoutés.

Le rôle de CANMET consistera notamment à favoriser la mise au point de nouvelles étapes de traitement pour éliminer les polluants des matières traitées avant qu'ils ne soient évacués dans l'environnement, et à mettre au point des méthodes de traitement des effluents et des techniques de retenue des polluants.

En vue d'acquérir les connaissances nécessaires à la résolution du problème posé par les stériles, on met l'accent sur l'interaction biogéochimique produite dans les stériles et sur les effets de leur migration. Par conséquent, beaucoup d'efforts sont consacrés à des essais contrôlés d'exposition aux éléments dans des lysimètres.

**Lysimètres**

Les essais lysimétriques sont demeurés les principaux types d'essais utilisés pour l'examen des stériles. Les différents domaines de recherche sont les suivants :

i) Des essais de couverts de végétation de marécage placés sur des stériles de différentes compositions sont presque terminés. Les essais lysimétriques sont maintenant terminés, à l'exception des essais portant sur deux stériles qui n'ont pas réagi au couvert. Ces stériles n'ont pas donné un effluent présentant un pH acceptable. Les trois autres essais ont été poursuivis à de plus grandes profondeurs, et ont apparemment donné les résultats attendus.

   Plusieurs types différents de couvert de végétation de marécage ont été étudiés, et les temps de réaction variaient de moins de deux ans jusqu'à 10 à 12 ans, selon le type de végétation. Ces essais lysimétriques seront terminés d'ici quelques mois.

ii) Les essais de simulation d'évacuation en eau profonde se sont poursuivis; ils ont présenté très peu de changements au cours de la dernière année. Une autre année de simulation d'exposition aux éléments devrait permettre de déterminer s'il y a oxydation dans l'essai portant sur la pyrite Noranda (92 %). Le pH de l'effluent est de 4 tandis que celui du sulfure à plus faible teneur d'Elliot Lake (2 %) reste à peu près neutre.

iii) En matière de techniques de prévision du drainage minier acide (DMA) à partir de déchets de roche et de stériles, plusieurs lysimètres ont été montés en vue de recueillir des données d'essais de simulation d'exposition aux éléments. Les essais portent sur les déchets de roche et les stériles. Les déchets de roche proviennent des sources suivantes : Equity Silver, Curragh, INCO et Heath Steele, alors que les stériles proviennent des sources suivantes : Heath Steele, Curragh, Equity Silver, Waite Amulet, Elliot Lake, Key Lake, Noranda Bell et Westmin.

   Les stériles provenant de la Heath Steele, de l'INCO et de la Waite Amulet se sont acidifiés immédiatement. Les déchets de roche s'acidifient plus lentement : les déchets de la Heath Steele deviennent maintenant acides et le pH de l'effluent des autres déchets diminue graduellement.

iv) Les résultats des essais sur les stériles de la Solbec sont analysés en vue de déterminer la vitesse d'extraction et la mesure dans laquelle cette extraction est complète. On a lavé les stériles à la chaux (pour éliminer les sels oxydés) parce qu'ils s'acidifiaient instantanément. Des mesures subséquentes ont indiqué un pH neutre. Toute diminution du pH dans le futur indiquera qu'il y a oxydation.

v) Des échantillons de minerai de manganèse provenant du N.-B. sont soumis à une lixiviation à l'acide produite par l'oxydation de stériles de la Heath Steele. Les essais sont effectués depuis environ

10 semaines seulement, mais la lixiviation augmente graduellement à 1 g/L de Mn, à un pH de 6 et un Eh de 300 mV.

**Interface CANMET–industrie**

De nombreuses propositions de contrats et demandes de renseignements ont été présentées par l'industrie relativement aux problèmes éprouvés sur les sites de stériles. En général, les demandes avaient trait à l'évaluation des problèmes (souvent la production d'acide), à des conseils concernant les couverts et à des conseils concernant le traitement de la solution d'infiltration contaminée.

Des séminaires portant sur les résultats initiaux de l'application possible des géopolymères à l'industrie minière ont été présentés à l'industrie en Saskatchewan et à Vancouver. Au total, 60 personnes ont participé à ces séminaires.

Un séminaire de deux jours portant sur les activités de CANMET relatives aux stériles a été organisé et présenté à CANMET en septembre. Il a réuni environ 75 participants de l'industrie.

- **Projet 30.86.02 : Gestion des résidus d'exploitation minière et de traitement**
  **Chef de projet : N. Davé (LRM)**

**Historique :**

Les problèmes environnementaux posés par la gestion des résidus d'exploitation minière et de traitement contenant des sulfures de métaux sont bien connus. À l'exposition aux éléments, de nombreux sulfures de métaux, par exemple la pyrite, la marcasite et la pyrrhotite contenus dans les résidus s'oxydent en présence d'humidité, d'oxygène et de ferro–bactéries – thiobacilli ferro–oxidans. L'oxydation crée des conditions acides dans les résidus qui produisent par la suite la lixiviation de nombreux métaux résiduels (et de radionucléides à l'état de traces dans les résidus d'uranium) à partir des résidus, ce qui donne une eau interstitielle de résidus hautement acide, à teneur élevée en solides dissous totaux. En raison des phénomènes de précipitation et d'alimentation, ces produits de réactions d'oxydation peuvent passer des résidus au milieu avoisinant en migrant avec les eaux de ruissellement ou en s'infiltrant sous la surface, et réduire ainsi la qualité naturelle du réseau hydrographique de la région si des mesures de protection ne sont pas prises. Afin de réduire l'érosion par le vent et l'eau, on a stabilisé avec succès de nombreux sites de résidus inactifs en restaurant le couvert végétal, ce qui a grandement amélioré l'aspect esthétique et accru, dans une certaine mesure, la percolation de l'eau en raison de l'accroissement de l'évapotranspiration. L'effet global de la restauration du couvert végétal sur la qualité et le volume de l'effluent provenant des sites de résidus remis en état n'a pas encore été déterminé. D'autres options de gestion des résidus, par exemple l'utilisation de couverts secs et de couverts humides, la consolidation in situ des résidus et le traitement passif en aval devront faire l'objet d'évaluations visant à déterminer leur stabilité physique et chimique à long terme et leur rendement en matière de réduction des risques de production d'acide.

**Objectif :**

L'objectif est de mettre au point des méthodes efficaces d'évacuation et de gestion des résidus qui permettront à l'industrie minière de se débarrasser des résidus d'exploitation minière et de traitement d'une façon prévisible, économique et non nuisible pour l'environnement.

**Réalisations :**

Dans le cadre du Programme des résidus acides réactifs (PRAR), des études hydrogéochimiques d'un bassin de résidus sulfurés réactifs sont effectuées au site de résidus Waite Amulet à Noranda (Québec). Elles comprennent des mesures relatives aux paramètres physiques, chimiques et minéralogiques de la phase solide, aux caractéristiques géochimiques de l'eau interstitielle des zones non saturées et saturées, et à la composition des gaz interstitiels de la zone non saturée.

Les résultats ont montré que le pH de l'eau interstitielle de la zone non saturée était généralement inférieur à 3 et que les teneurs en métaux étaient élevées. La pyrrhotite et la pyrite étaient fortement oxydées à proximité de la surface, et le degré d'altération diminuait avec la profondeur jusqu'à devenir négligeable. L'eau de la zone saturée a un pH généralement supérieur à 5, avec des teneurs en métaux dissous sensiblement inférieurs. L'étude minéralogique de la zone saturée a révélé que la pyrrhotite et la pyrite ne subissaient que des altérations minimes, et dans certains cas n'en subissaient aucune.

Les concentrations d'oxygène interstitiel dans la zone non saturée ont révélé la présence d'$O_2$ généralement jusqu'à des profondeurs inférieures à 1 m. Ce résultat est compatible avec le profil d'oxydation, et la présence d'$O_2$ gazeux peut influer sur l'oxydation.

On a évalué les caractéristiques de consolidation et de résistance de résidus d'uranium pyriteux stabilisés avec de la chaux, du dioxyde de carbone et du ciment à laitier de haut fourneau en vue de leur utilisation dans des applications de remblayage et de consolidation in situ. La résistance à la compression limite des résidus stabilisés avec de la chaux était comparable à celle des résidus stabilisés avec du ciment, et on n'a observé aucun effet appréciable du mélange avec le dioxyde de carbone. La résistance à la compression et le module d'élasticité les plus élevés ont été obtenus pour des mélanges de résidus avec du ciment à laitier de haut fourneau dans lesquels de l'oxyde d'aluminium et de la silice ont accru la liaison et la résistance par la formation d'aluminosilicates hydratés.

On a évalué les caractéristiques géochimiques d'un tas de résidus épaissi au site de résidus Denison d'Elliot Lake en vue de déterminer sa stabilité chimique. Les résultats ont montré que le tas a été entièrement oxydé. Le pH de la zone non saturée était compris entre 2 et 3, et les teneurs en métaux et en sulfates étaient élevées.

On a évalué les possibilités de restauration du couvert végétal, par croissance de végétation spontanée établie, d'une section du site de résidus Nordic d'Elliot Lake qui avait été antérieurement remise en état, puis endommagée par l'inondation. Environ 50 % de la zone endommagée a un couvert végétal ayant un rendement biologique de 30 % par comparaison avec celui de la zone couverte de végétaux non endommagée.

**Travaux futurs**

Les travaux réalisés conjointement par le Laboratoire d'Elliot Lake et des sociétés qui participent au programme PRAR, par exemple la Noranda, l'INCO, la Falconbridge et la Cominco, se poursuivront. Les activités de recherche futures seront orientées principalement vers la modélisation de prévision et les méthodes d'établissement de couvert végétal.

Avec la collaboration de la Denison et de la Rio Algom à Elliot Lake, des études sur les tas de résidus épaissis et les options de retenue seront poursuivies.

Avec la collaboration de l'Université Laurentienne de Sudbury, on poursuivra aussi des études sur la migration de radionucléides à partir de résidus d'uranium, par diverses voies dans l'environnement.

Articles publiés et rapports :

- Siwik, R. et Davé, N.K., "Hydrogeochemical investigations of the reactive tailings at the Waite Amulet Tailings site, Noranda, Quebec"; Proc. 19th Annual Meeting of Canadian Mineral Processors Operators Conf. 330–354; janvier 1987.

- Clulow, F.V., Davé, N.K., Lim, T.P. et Cloutier, N.R., "Uptake of Ra–226 by established vegetation and black cut worm larvae (Agrotis Ipsilon, Leipdoptera: Noctuidae) on uranium mill tailings at Elliot Lake, Ontario, Canada"; accepté pour fins de publication dans Health Physics; 1987.

- Davé, N.K. et Lim, T.P., "Effects of various tailings covers on radon gas emanation from pyritic uranium tailings"; Proc. 1987 Symp. on Mining, Hydrology, Sedimentology and Reclamation 99–104; Rapport de division MRL 87–84; University of Kentucky; Lexington (Kentucky); décembre 1987.

- Davé, N.K., "Tailings research at the Elliot Lake Laboratory, CANMET, EMR"; a été présenté au séminaire sur les résidus et sera publié dans les actes; Ottawa, 1987 (rapport en cours de préparation).

- Lim, T.P., Davé, N.K. et Cloutier, N.R., "High resolution alpha–spectrometric technique for radium isotope analysis: The effects of sample thickness and filter pore size"; proposé pour fins de publication au Int. J. Applied Radiation and Isotopes; Rapport de division MRL 87–12; 1987.

- Davé, N.K., Lim, T.P. et Chakravatti, J.L., "Consolidation strength characteristics of pyritic uranium tailings using: (1) powdered and hydrated lime in a carbon dioxide environment: (2) slag cement"; Rapport de division MRL 87–93; 1987.

- Davé, N.K. et Lim, T.P., "Radiological survey at the Belledune fertilizer plant, Belledune, N.B."; Rapport de division MRL 87–166 (CF); 1987.

- **Projet 30.86.03 : Lutte contre la pollution de l'eau**
  **Chef de projet : B.H. Lucas**

**Objectifs :**

Mettre au point des techniques de lutte contre la pollution de l'eau qui répondent aux normes établies par les organismes de réglementation et qui peuvent être appliquées à l'extraction et au traitement des minéraux, en déterminant les problèmes susceptibles de se poser et en examinant les méthodes de récupération des agents de contamination de l'environnement, contenus dans les résidus liquides des procédés métallurgiques.

Les Laboratoires des sciences minérales s'intéressent depuis plusieurs années au traitement des effluents liquides de l'industrie minière. Ces effluents contiennent notamment des métaux lourds, du cyanure, de l'arsenic et des thio–sels. On accordera la priorité à la retenue et à l'élimination des boues résultant des procédés de traitement, de façon à pouvoir nettoyer les effluents liquides et récupérer les arséniates, les thio–sels, le cyanure, les métaux lourds et les autres agents de contamination indésirables qui peuvent s'y trouver.

**a) Comportement des impuretés lors de la précipitation du fer**

Les solutions de traitement hydrométallurgique contiennent souvent de modestes concentrations d'As et de P, et il est possible de contrôler ces impuretés, du moins en partie, lors de la précipitation du fer. On a

montré que le phosphore dissous était précipité sous forme de l'analogue ferrique de la giniite ($Fe+Fe_4^{3}+(PO_4)_4(OH)_2(H_2O)_2$) lorsque les solutions contenant des phosphates étaient chauffées jusqu'à environ 200 °C en présence d'un excès de fer. La teneur en fer de ces produits varie quelque peu, et des phases faiblement cristallisées sont formées à des températures inférieures à 150 °C. La réaction de précipitation est indépendante du pH dans la plage de valeurs de 0,6 à 1,4, mais des gels amorphes sont formés à des pH supérieurs à 2. Enfin, on a montré que la giniite synthétique ne contenait pas de quantités appréciables de magnésium mais que du $SO_4$ à environ 3 % en poids pouvait être substitué dans la structure de giniite synthétique.

**b) Progrès en matière d'analyse**

**i) Dosage, par chromatographie liquide à haute performance, des espèces anioniques dans des échantillons obtenus par le procédé AVR de récupération du cyanure**

Pendant l'année, on a poursuivi les travaux ayant trait à une méthode HPLC basée sur des phases inversées enrobées d'un échangeur d'ions adsorbé "en permanence", combinée avec la détection UV indirecte, en vue de l'appliquer au dosage des chlorures, des cyanates, des sulfates, des thiosulfates, des thiocyanates et des dithionates dans des échantillons obtenus par le procédé AVR de récupération du cyanure. En optimisant les paramètres de l'appareillage et d'autres paramètres, on a obtenu une bonne résolution et une basse limite de détection (environ 0,05 eg/mL) pour les anions d'élution initiaux et pour les espèces du soufre plus fortement retenues. Le temps de séparation pour ces anions est d'environ 8 min.

**c) Récupération du cyanure et des métaux à partir des solutions stériles d'installations de traitement de l'or**

Des travaux de R et D ont été effectués dans les secteurs dans lesquels on encourage l'application de la technologie aussi bien aux schémas de traitement actuels de l'or qu'aux schémas de traitement applicables aux opérations en cours d'élaboration.

CANMET est en mesure d'effectuer des essais de faisabilité dans lesquels environ 200 L de solution sont utilisés. Tout client intéressé est invité à demander des renseignements au sujet d'un tarif négocié qui serait établi en fonction de principes de recouvrement des coûts. La Placer–Dome Inc. est présentement un client.

Le procédé est simple et comporte peu de risques. Un contrôle progressif des étapes clés fait de ce procédé une option intéressante pour le remplacement des méthodes de destruction.

Les objectifs du procédé d'acidification/volatisation/reneutralisation (AVR) sont les suivants :

1. Maximisation du volume de recyclage de stériles et de sa teneur en cyanure, de même que du rejet de métaux.
2. Minimisation du volume rejeté dans l'environnement (même que de ses effets sur l'environnement (teneur en cyanure et en métaux négligeable).
3. Confinement des métaux (75 % – 99 %) dans un précipité en faible quantité qui est facilement isolé en vue de la récupération des éléments de valeur (métaux, cyanure).
4. Aucune addition ni formation d'éléments indésirables.

Des travaux continus de mise au point de techniques de soutien sont en cours et d'autres sont prévus (utilisation d'échangeurs d'ions, osmose inverse, rectification de précipités).

**d) Adsorption du radium**

On alimente encore en effluents de lysimètres le dispositif de contraction contenant de la barytine finement broyée et fluidisée. La production totale est maintenant de 4,7 tonnes, avec une moyenne d'environ 100 pCi de Ra6 par litre. La production reste inférieure à 10 pCi/L, et la charge estimée de radium sur la barytine est par conséquent supérieure à 7500 pCi/g. Le temps de séjour dans l'appareil à agitation mécanique reste de 5 h.

**Rapports :**

- Dutrizac, J.E. et Jambor, J.L., "The synthesis of crystallized scorodite, $FeAsO_4.2HO$"; Rapport de division MSL 87-39 (J).

- Jambor, J.L. et Dutrizac J.E., "Synthesis of ferric analog of the ferrous-ferric phosphate, giniite"; Rapport de division MSL 87-14 (J), version préliminaire.

- McNamara, V.M. et Ritcey, G.M., "Cyanide abatement process for gold mill effluent treatment"; Rapport de division MSL 88-3 (OP&J), version préliminaire.

**Contrats :**

- Demande 7-9212, "Survey of means to minimize and/or utilize mill effluent sludges", Gionet, Mellor, Leibich Assoc. Ltd. D.S. - B.H. Lucas.

Fig. 6. Procédé AVR pour la récupération du cyanure

- **Projet 30.86.04 : Lutte contre la pollution de l'air**
  **Chef de projet : J.M. Skeaff**

**Objectifs :**

Évaluer et, dans la mesure du possible, mettre au point des méthodes acceptables et efficaces pour surveiller et maîtriser les éléments nocifs des procédés pyrométallurgiques utilisés au Canada. Les recherches seront principalement axées sur l'acquisition des données thermiques qui manquent actuellement au sujet des arséniures et des arséniates, ainsi que sur la mise au point de méthodes permettant d'éliminer le $SO_2$ des gaz émis par les fonderies.

La question des émissions d'éléments nocifs et de composés contenant de tels éléments, lors du traitement pyrométallurgique des minerais et des concentrés transformés au Canada, préoccupe beaucoup les organismes provinciaux et fédéraux chargés de la protection de la santé et de l'environnement, de même que l'industrie. À ce sujet, on s'intéresse tout particulièrement aux opérations de grillage et de fusion de minerais non ferreux qui entraînent des émissions de $SO_2$, d'arsenic et de mercure, et souvent aussi de petites quantités d'autres éléments toxiques, comme le cadmium, le sélénium, le tellure et le plomb. Il

faut des données plus précises sur la disposition de ces éléments à l'état de traces dans les flux de traitement et dans les concentrés, de même que sur la modification des procédés de traitement et sur la mise au point de nouveaux dispositifs de réduction de la pollution, de façon à pouvoir évacuer ou récupérer de manière économique ces éléments, notamment ceux que l'on trouve dans les poussières des fonderies n'ayant pas (pour des motifs économiques ou à cause de leur situation géographique) d'installations de traitement des acides, et dont les opérations de grillage qui servent à récupérer l'or, l'argent, le nickel et le cobalt dans les minerais arsenicaux, sont à l'origine de problèmes particuliers.

**a) Études thermochimiques sur les arséniures et les arséniates**

On effectue des études thermochimiques et des analyses thermiques différentielles (ATD) pour déterminer les propriétés thermiques des arséniures et des arséniates (de Ni, Fe, Co, Ag, Zn et Ca) à hautes températures, afin d'obtenir des données qui permettront de prévoir le comportement des systèmes arsénifères dans les procédés pyrométallurgiques, comme le grillage, la fusion, l'affinage, et autres procédés.

On effectue présentement des recherches sur les propriétés thermochimiques de certains arséniates et arséniures dans lesquelles on a recours à une technique d'équilibrage électrochimique comportant l'utilisation d'un électrolyte de $ZrO_2$–CaO partiellement stabilisé dans un dispositif de concentration d'oxygène, pour mesurer les potentiels galvaniques. À ce jour, des données thermochimiques sur les arséniures de nickel et le $FeAsO_4$ ainsi que des données préliminaires sur l'$Ag_3AsO_4$ et le $Ni_3As_2O_8$ ont été recueillies. Ces données peuvent être appliquées à la prévision des compositions de gaz et de phases condensées et stables qui se présentent lors du grillage ou dans d'autres conditions pyrométallurgiques.

Des travaux ont été amorcés afin de déterminer les propriétés thermochimiques des arséniures métalliques en utilisant une cellule électrochimique de conception nouvelle, dans laquelle des boulettes composées de deux arséniures métalliques et d'un arséniure de calcium sont comprimées sur les deux côtés d'un cristal unique d'électrolyte de fluorure de calcium. L'oxygène doit être exclu radicalement du compartiment de la cellule. Les résultats préliminaires indiquent que la cellule manifeste une susceptibilité à l'inversion en ce qui concerne la température. Si l'expérience réussit, la conception de la cellule devrait permettre la détermination des pressions de décomposition ainsi que des propriétés thermochimiques des pnictures de métal, notamment des arséniures et des chalcogéniures de métal. Les données obtenues peuvent être appliquées à la prévision des phases condensées stables et des compositions de gaz qui se produisent lors du grillage ou dans d'autres conditions pyrométallurgiques.

On termine présentement une étude de l'oxydation et de la dissociation thermique de la skutterudite $\{(Co,Fe,Ni)As_3\}$ par analyse thermique différentielle et thermogravimétrie. Les résultats indiquent que le processus d'oxydation dépend de la géométrie de l'échantillon, de la granulométrie de la skutterudite, de la vitesse de chauffage et de la pression partielle de l'oxygène. Ce processus semble dépendre de la facilité de dégagement de l'arsenic volatilisé, qui résulte de la décomposition thermique des arséniures de cobalt. Lors de la dissociation thermique, il se produit une libération graduelle de vapeur d'arsenic, accompagnée de la formation de mono-arséniures et de di-arésiniures. Le produit d'oxydation est un mélange complexe d'arséniures et d'arséniates. Il n'y a aucun signe de formation de quelque espèce d'oxyde de cobalt. Les données obtenues peuvent être appliquées à la prévision du comportement de la skutterudite lors du grillage ou dans d'autres conditions pyrométallurgiques.

Une analyse thermique par thermogravimétrie a été effectuée en vue de déterminer le comportement du $CoAs_2$ et du $CoAs_3$ lorsqu'ils sont chauffés dans une atmosphère inerte. Les résultats indiquent que la décomposition du $CoAs_2$ commence vers 550 °C et cesse vers 900 °C, selon la vitesse de chauffage. Les

produits finals sont du CoAs solide et de la vapeur d'arsenic. On a trouvé que la décomposition du $CoAs_3$ se produisait dans la plage de températures de 520 à 750 °C, et, comme dans le cas du $CoAs_2$, qu'elle dépen[illegible]ssi de la vitesse de chauffage. Les produits finals étaient du $CoAs_2$ solide et de la vapeur d'arsenic, et le premier se décomposait à son tour en CoAs et en vapeur d'arsenic.

**Publication :**

Wilson, L.J. et Mikhail, S.A., "Investigation of the oxidation of niccolite by thermal analysis"; Thermochimica Acta 112; 197–213; 1987.

**Contrats :**

- Demande 6–9066, "Development of a solid state sulphur probe for use in pyrometallurgical processes (UP–M584)", J. Kirchnerova et C.W. Bale, École Polytechnique, Montréal. D.S. – J.M. Skeaff.

**Demande de brevet :**

- Demande de brevet américain n° 052,027, "A solid state arsenic probe for use in pyrometallurgical processes"; Kirchnerova, J., Skeaff, J.M. et Bale, C.W.

**Rapport :**

- Skeaff, J.M., "Thermochemical arsenate–oxide equilibria in the system Fe–As–O determined electrochemically between 317 °C et 536 °C; Rapport de division MSL 88–2 (J), version préliminaire.

- **Projet 30.86.06 : Secrétariat, Étude sur les résidus réactifs (PRAR)**
  **Chef de projet : E.G. Joe**

**Objectifs :**

Constituer une large base scientifique, technique et économique qui permette à l'industrie minière et aux organismes gouvernementaux de prévoir, avec confiance, les exigences de gestion à long terme relatives aux résidus réactifs et aux stériles.

Établir des techniques permettant d'exploiter et d'abandonner les aires d'élimination des résidus et des stériles acidogènes d'une façon qui soit prévisible, peu coûteuse, opportune et acceptable du point de vue environnemental.

Le groupe de travail technique du PRAR a recommandé un programme national détaillé de recherche applicable à l'industrie minière et aux gouverrements provinciaux et fédéral.

Les huit principaux domaines de recherche du programme :

- méthodes de pointe;
- nouvelles méthodes d'élimination;
- évaluation des informations fournies dans le cadre du Programme national de recherche sur les résidus d'uranium;
- méthodes de recherche;
- techniques de prévision;
- barrières à l'oxygène;
- techniques passives;
- recyclage des stériles;

ont été regroupés dans cinq secteurs principaux comprenant trente-huit projets dont les coûts sont estimés à 12,5 millions de dollars.

Les projets du programme PRAR se résument comme suit :

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Techniques de prévision | 3 765 000 $ |
| 2. | Prévention et contrôle | 5 705 000 $ |
| 3. | Traitement | 1 285 000 $ |
| 4. | Surveillance | 385 000 $ |
| 5. | Transfert de technologie | 225 000 $ |
| | Dépenses imprévues | 1 135 000 $ |
| | **Programme total** | **12 500 000 $** |

CANMET a imprimé plusieurs centaines de copies du programme PRAR pour fins de distribution à l'industrie minière, aux organismes fédéraux et provinciaux, aux centres de recherche et aux universités. Les additions d'amendements au programme seront fonction des commentaires et suggestions reçus des organismes auxquels le rapport a été envoyé.

EMR (CANMET), l'Association minière du Canada (AMC) et les ministères provinciaux chargés de la gestion des résidus de mines et de la réglementation à ce sujet prévoient la mise sur pied d'une nouvelle organisation destinée à financer, gérer et appliquer le programme.

## Combustion en lit fluidisé

- **Projet 50.62.01 : Paramètres de rendement des lits fluidisés à bulles**
  **Chef de projet : F.D. Friedrich (LRE)**

**Objectifs :**

Déterminer les paramètres influant sur le rendement des charbons canadiens et des autres combustibles solides, et caractériser les résidus de brai obtenus au cours de la valorisation des sables bitumineux et des pétroles lourds; déterminer la capacité d'absorption du soufre des calcaires canadiens, et étudier les effets des cendres de combustible sur le rendement des sorbants; approfondir les connaissances sur les mécanismes de base de la combustion en lit fluidisé.

### a) Détermination de la capacité d'absorption du soufre des calcaires canadiens

La combustion en lit fluidisé est une méthode peu nuisible à l'environnement permettant l'utilisation de charbons à forte teneur en soufre dans laquelle du calcaire est ajouté à la chambre de combustion pour capter le dioxyde de soufre. La partie de ce projet réalisée par les LSM, qui consistait à évaluer les calcaires canadiens en tant qu'agents d'absorption du $SO_2$, a été achevée cette année. Le petit réacteur à lit fluidisé, utilisé pour évaluer les calcaires, sera maintenu pour satisfaire aux besoins futurs de l'industrie et des entreprises d'électricité. Les résultats des travaux réalisés au cours des cinq dernières années sur l'évaluation des agents d'absorption du $SO_2$ ont été compilés dans un rapport de CANMET. Le réacteur à lit fluidisé a été utilisé récemment pour l'évaluation d'agglomérats de coke-huile-calcaire préparés par la Division de chimie du CNRC.

**b) Caractérisation des produits de combustion en lit fluidisé**

Une méthode d'analyse thermique détaillée basée sur la thermogravimétrie a été mise au point en vue du dosage des principaux produits de réaction dans les cendres de combustion en lit fluidisé. Les constituants les plus importants des cendres, le sulfate de calcium, le carbonate de calcium ainsi que le carbone non brûlé, forment un mélange complexe, et il est difficile d'en faire une analyse précise au moyen des méthodes chimiques classiques. La diffraction des rayons X et la microscopie électronique à balayage ont été utilisées comme techniques supplémentaires pour la vérification des résultats de l'analyse thermique.

**Rapports :**


- Hamer, C.A., "Evaluation of $SO_2$ sorbent utilization in fluidized beds"; Rapport CANMET CM 86-9E.

- Hamer, C.A., "Evaluation of $SO_2$ sorbent utilization in fluidized beds"; Rapport de division MSL 87-10 (OP&J).

- Mikhail, S.A., "Thermogravimetric method for the determination of major reaction products in fluidized-bed coal combustion processes"; Rapport de division MSL 87-80 (OP&J).

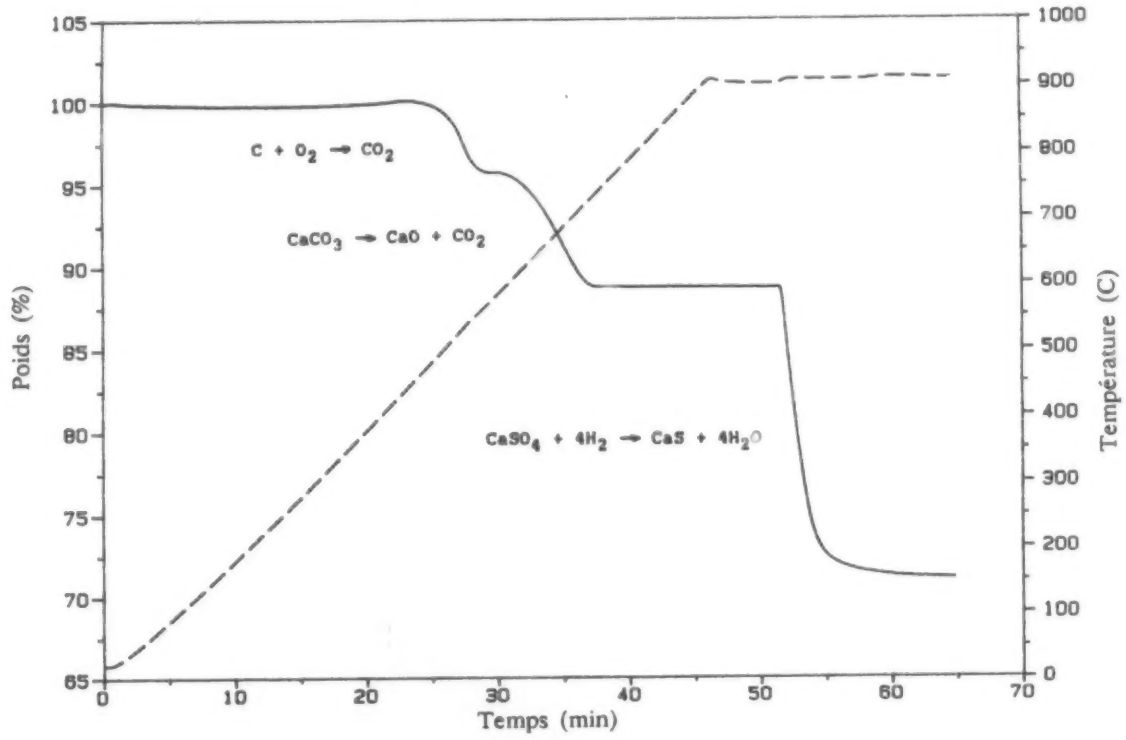




Fig. 7. Diagramme TG de cendres de cyclone à lit fluidisé circulant en $N_2/O_2$ et $N_2$ jusqu'à 900 °C, puis de façon isotherme en $N_2/H_2$. Les pertes en poids correspondent à 4,4 % de matières charbonneuses, 15,7 % de $CaCO_3$ et 37,7 % de $CaSO_4$.

- **Projet 50.62.02 : Systèmes de combustion en lit fluidisé circulant**
  **Chef de projet : F.D. Friedrich (LRE)**

**Objectifs :**

Construire et mettre en service un réacteur pilote à lit fluidisé circulant au Laboratoire de recherches sur la combustion et la carbonisation de CANMET; identifier et accélérer les applications potentielles des réacteurs à lit fluidisé circulant dans l'industrie et dans le domaine de la production d'électricité.

**a) Récupération du vanadium et du soufre dans le coke obtenu comme sous-produit**

Les travaux réalisés par les LSM dans le cadre de ce projet portaient sur l'étude des émissions de $SO_2$ et de métaux lourds, c.-à-d. de Ni et de V, sur la récupération de ces produits à l'aide de calcaire et sur les effets corrosifs de la combustion en lit fluidisé circulant du coke obtenu comme sous-produit à partir des sables bitumineux. Un réacteur-pilote à lit fluidisé circulant a été conçu et construit aux LSM. Deux importantes séries d'essais de combustion ont été effectuées pendant l'année aux LSM. La première a été réalisée avec du coke Syncrude et du calcaire, tandis que la seconde a été réalisée avec du charbon Minto et trois calcaires du Nouveau-Brunswick. Environ 30 essais d'une durée d'une journée chacun ont été effectués sur chaque combustible. Les résultats de ces essais ont été évalués au cours de l'année, et un rapport a été préparé. Les sondes utilisées au cours de chaque série d'essais pour mesurer la corrosion métallique ont été examinées par la Section des sciences de la corrosion des LTM. Les résultats montrent que la corrosion est semblable à la corrosion observée dans les lits fluidisés à bulles, et ils n'indiquent d'aucune façon que le vanadium soit la cause de la corrosion. Le vanadium est capté sous forme de vanadate de calcium.

Dans les essais effectués avec le coke Syncrude, plus de 90 % du soufre, 93 % du vanadium et presque tout le nickel récupérés présentaient un rapport Ca/S de 2,0. Les essais de combustion effectués sur le charbon Minto et les calcaires du Nouveau-Brunswick ont donné un taux de récupération du soufre (70-75 %) et un rendement de combustion (88 %) plus faibles que prévu. Il semble exister une corrélation entre la teneur en sulfure des cendres du réacteur à lit fluidisé circulant et le taux de récupération de $SO_2$ dans les essais de combustion effectués sur le charbon Minto.

b) État actuel des travaux de modélisation de la combustion en lit fluidisé circulant

On met présentement au point un système d'analyse thermogravimétrique de gros échantillons (jusqu'à 10 g) dans le cadre de l'étude de modélisation sur la récupération du $SO_2$ dans les réacteurs à lit fluidisé circulant. Le système donnera les paramètres de sulfatation nécessaires pour la modélisation mathématique. Il permettra aussi d'utiliser dans les réacteurs à lit fluidisé circulant des calcaires de plus petite fraction granulométrique que dans le réacteur à lit fluidisé. On a élaboré un modèle mathématique de la rétention du $SO_2$ dans le réacteur à lit fluidisé circulant et on y apporte présentement des améliorations en vue de tenir compte de la distribution granulométrique.

**Rapports :**


- Hamer, C.A., Liang, D.T. et Kearns, J.B., "Combustion trials with Syncrude coke and Minto coal in the Mineral Sciences Laboratories circulating fluidized bed combustor: sulphur and metals capture and metallic corrosion": Rapport de division MSL 87-92 (IR).

- Liang, D.T., Hamer, C.A. et Kearns, J.B., "The design and operation of a small scale circulating fluidized bed combustor": Rapport de division MSL 87-7 (OP&J).

## ENTENTES SUR L'EXPLOITATION MINÉRALE

### Manitoba

Les Laboratoires des sciences minérales de CANMET sont responsables, au sein du Secteur de la recherche et de la technologie de l'Entente sur l'exploitation minérale, de la réalisation des projets relatifs à la technologie de traitement financés par le fédéral. Au cours de l'exercice 1987–1988, 10 projets relatifs au traitement, financés par le fédéral, ont été réalisés, et les dépenses prévues s'élevaient à 879 000 $.

L'évaluation de rentabilité de l'application du procédé GCM aux concentrés de cuivre de la HBMS a été menée à terme. De plus, un rapport CANMET distinct, dans lequel une comparaison est faite entre le procédé GCM et des options de rechange pour la réduction des émissions de $SO_2$ à la fonderie de cuivre de la HBMS, a été publié.

Dans le cadre du projet sur la récupération de l'or et de l'argent à partir des résidus de lixiviation sous pression du zinc, une évaluation de rentabilité comparative d'un procédé pyrométallurgique CANMET et des méthodes hydrométallurgiques est presque terminée.

Un projet sur les rejets de pyrrhotite progresse actuellement suivant l'échéancier prévu; les travaux réalisés dans le cadre de ce projet ont montré qu'il y a lieu de s'attaquer au calcul du bilan énergétique de la fonderie relié aux teneurs élevées en pyrrhotine. Une proposition de projet révisée est actuellement à l'étude. La deuxième phase des travaux sur la récupération des métaux à partir des résidus oxydés de fonderie de zinc a été mise sur pied en vertu d'un contrat.

Les travaux de minéralogie appliquée portant sur le minerai de Trout Lake de la HBMS ont été menés à terme. De plus, l'étude portant sur les produits des concentrateurs aux installations de Trout Lake et de Flin Flon vont bon train. Ce programme sera aussi étendu de façon à inclure le concentrateur de Snow Lake. Les travaux effectués à la mine Ruttan en vertu de deux contrats à coûts partagés, portant sur la flottation sur colonne et le contrôle du procédé de flottation sont en retard par rapport au calendrier établi, principalement en raison des changements effectués au niveau du personnel lorsque la HBMS a remplacé la Sherritt Gordon.

La quatrième phase des travaux portant sur les gisements de chromite de la rivière aux Oiseaux a été menée à terme. Les études préliminaires de faisabilité indiquent que la production de bande chaude d'acier inoxydable 304 est viable sur les plans économique et technique. De plus, l'addition d'une installation de production chimique de chrome à la partie frontale de l'installation de production d'acier inoxydable ajoute à la viabilité technique et à la rentabilité globales.

### Nouveau-Brunswick

Six contrats ont été exécutés au cours de l'exercice 1987–1988 dans le cadre de l'Entente sur l'exploitation minérale conclue entre le Canada et le Nouveau-Brunswick. Trois de ces contrats avaient été entrepris au cours des années précédentes, et trois ont été accordés pour la mise sur pied de nouveaux projets. Le projet visant à évaluer la réactivité aux alcalis des agrégats se poursuit. En collaboration avec l'industrie de la potasse, on utilise des techniques d'analyse d'image pour l'optimisation des circuits de traitement dans les concentrateurs de potasse, et la première phase de l'étude relative à l'utilisation de sel usé comme matériau de remblayage dans la mine a été menée à terme. Un contrat portant sur une

deuxième phase a été accordé en vue d'essais sur l'utilisation de sel comme matériau de remblayage dans des chantiers de la mine munis d'instruments. Deux autres contrats ont été accordés en 1987–1988, l'un ayant trait à l'étude de l'utilisation de $CO_2$ pour la surveillance d'un système de ventilation de mine souterraine, l'autre, à des méthodes de lixiviation au cyanure de l'or et de l'argent à des températures inférieures au point de congélation. L'utilisation de $CO_2$ pour la surveillance d'un système de ventilation de mine permettra de maintenir une meilleure qualité de l'air dans la mine et de détecter les changements de la qualité de l'air plus rapidement qu'il est présentement possible de le faire. L'étude portant sur la lixiviation au cyanure à des températures inférieures au point de congélation vise à permettre d'étendre aux mois d'hiver le fonctionnement des installations de lixiviation en tas de l'or, de façon à accroître leur productivité.

Le taux de récupération des espèces métalliques contenues dans les corps minéralisés sulfurés complexes de la province est relativement faible et la technologie actuelle produit des polluants; les études réalisées en vertu de l'Entente sur l'exploitation minérale en vue de mettre au point une nouvelle technologie permettant de contourner ces difficultés en faisant appel au procédé CANMET d'extraction au chlorure ferrique ont été achevées. Un autre projet, relatif à l'exploitation des gisements de manganèse importants mais à faible teneur, a aussi été achevé. Ce projet comprenait une étude de faisabilité portant sur les méthodes de traitement permettant d'extraire du gisement un produit de manganèse susceptible d'être commercialisé.

L'exercice 1988–1989 sera la dernière année de l'Entente sur l'exploitation minérale conclue entre le Canada et le Nouveau–Brunswick. On prévoit que plusieurs projets seront mis sur pied au début de cet exercice financier en vue de satisfaire aux termes de l'entente. Ces projets comprennent l'essai non destructif de câbles métalliques pour puits de mine, l'élaboration d'un logiciel applicable à l'exploitation d'une mine, qui permettra de traiter des données relatives à la prospection, à l'étude géologique et à la planification, et l'étude de méthodes destinées à réduire et à contrôler la production d'acide à partir de sites de déchets miniers pyriteux.

**Terre–Neuve**

Les quatre projets apparentés, non reliés aux domaines miniers, réalisés dans le cadre du Programme de technologie des mines et des minéraux, dont les Laboratoires des sciences minérales de CANMET étaient responsables, ont coûté 440 000 $ au cours de l'exercice financier 1987–1988.

L'évaluation du gisement de Point Leamington a été achevée. Des taux de récupération et des qualités de concentrés satisfaisants ne peuvent être obtenus qu'à partir de la zone de zinc de haute qualité, à condition que le broyage soit très fin (90 % au–dessous de la maille 400). Sur le plan de la rentabilité, la faisabilité finale dépendra principalement de la quantité de ce minerai à haute teneur en zinc contenue dans le gisement de Point Leamington (Noranda).

Pour ce qui est du projet sur la récupération du minerai de fer à la mine Scully, la première phase, minéralogie quantitative, et la deuxième phase, essais à petite échelle et en petite installation pilote, ont été menées à terme. La troisième phase, essais en installation pilote au concentrateur, a débuté. Les résultats de la première phase faisaient ressortir la nécessité d'apporter des améliorations aux opérations de broyage et de classification du circuit et d'ajouter des opérations de re–broyage et de re–traitement des mixtes. Les résultats de la deuxième phase ont confirmé ces observations et montré qu'il existe une possibilité d'augmenter le taux de récupération du fer jusqu'à 10 %. L'amélioration globale des relations Fe à Mn peut toutefois être difficile à réaliser.

La deuxième partie du projet de l'Iron Ore Canada, évaluation de liants pour boulettes de minerai de fer, a débuté. Les essais effectués avec un nouveau produit fabriqué sur demande, le Peridur, et avec d'autres liants donnent des résultats encourageants.

La réactivité possible aux alcalis des agrégats a été étudiée. L'étude pétrographique d'échantillons de béton a montré que la réaction est évidente. Ce résultat aura un effet sur le choix futur des agrégats pour ouvrages marins. Une étude des propriétés mécaniques et de la durabilité à long terme du béton contenant des agrégats et du ciment locaux et destiné à des applications dans des ouvrages marins a été amorcée.

Un petit contrat a été accordé à la CELEC Inc. pour l'étude de la récupération du cuivre et de la régénération du cyanure en tant que paramètres applicables à la mine d'or Hope Brook.

**Nouvelle-Écosse**

Le Secteur de la recherche et de la technologie de l'Entente sur l'exploitation minérale conclue entre le Canada et la Nouvelle-Écosse a administré huit contrats dont le coût s'élevait à 646 000 $ au cours de l'année financière 1987-1988.

L'étude de la réactivité aux alcalis de plusieurs agrégats de béton de la Nouvelle-Écosse s'est poursuivie, de même que les essais en laboratoire et sur le terrain portant sur l'utilisation des cendres volantes de Lingan et Point Tupper. Un contrat ayant trait à la préparation de matières de remplissage et de matières de charge à partir de certains minéraux industriels de la Nouvelle-Écosse a été laissé en suspens en raison du décès du chercheur principal, mais il sera mené à terme dès que possible par CANMET. La première des trois phases d'un projet sur l'étude de la production de produits chimiques à base de baryum à partir de la barytine de Nouvelle-Écosse a été achevée. Il existe d'abondantes réserves de barytine en Nouvelle-Écosse, mais la conversion de ce minéral en produits chimiques peut nécessiter la production de concentrés de qualité plus élevée qu'il est possible de le faire.

Une brève étude des possibilités de production d'engrais au phosphate de potassium au Cap-Breton a été achevée. L'application de nouvelles techniques, présentement mises au point en Saskatchewan, pourrait être rentable. Un projet sur l'évaluation des possibilités de production commerciale de magnétite à partir du gisement de Bass River s'est poursuivi, et un essai en installation pilote important est prévu au milieu de 1988.

Les travaux portant sur les possibilités d'utilisation de l'anhydrite comme matériau de soutènement de mines ont donné des résultats très encourageants. La commercialisation de l'anhydrite à cette fin est prévue d'ici deux ans.

**Saskatchewan**

Le Secteur de la science et de la technologie (Secteur B) a exécuté six contrats pendant l'année financière 1987-1988 dans le cadre de l'Entente sur l'exploitation minérale conclue entre la Saskatchewan et le Canada. Tous les contrats constituaient soit une continuation, soit une deuxième phase, de travaux de l'année précédente.

En matière de recherche sur les procédés, des essais en installation pilote ont été effectués sur la séparation en milieu dense et la séparation magnétique à sec aux usines d'engrais de la Central Canada Potash et de la Cominco. Les deux techniques offrent des possibilités d'application aux mines de potasse du Nord de la Saskatchewan, particulièrement pour l'accroissement de la capacité. Un projet sur la séparation électrostatique a été discontinué. Un système empirique d'analyse de produit a été élaboré. Des projets ont été menés à terme dans les domaines suivants : affaissement régional souterrain (élaboration de modèles de prévision), application de la recherche effectuée dans les universités en

matière de microsismique, d'émission acoustique et de géotomographie, et élaboration d'une méthode de prévision de l'emplacement d'anomalies structurées permettant l'entrée de saumure.

Cinq des six projets ont été financés conjointement avec l'industrie de la potasse. Les dépenses totales s'élevaient à 4 061 000 $, et étaient réparties entre l'industrie de la potasse (2 145 000 $) et CANMET (1 916 000 $).

## PARTIE B. SERVICES GÉNÉRAUX ET OPÉRATIONS

### LABORATOIRE DE CHIMIE

**Gestionnaire : H.F. Steger**

**Résumé des services d'analyse**

Les chiffres présentés dans ce tableau indiquent le nombre d'analyses effectuées par le Laboratoire de chimie dans le cadre des programmes de CANMET, pendant la période comprise entre le 1er avril 1987 et le 31 mars 1988.

| Sous-activité | Nombre de dosages |
|---|---|
| **Traitement des minéraux** | |
| 30.05.01 | 288 |
| 30.05.99 | 17 |
| 30.13.02 | 54 |
| 30.13.04 | 281 |
| 30.13.06 | 48 |
| 30.13.99 | 121 |
| 30.21.02 | 1 922 |
| 30.29.01 | 41 |
| 30.29.05 | 9 |
| 30.37.01 | 26 |
| 30.45.01 | 1 497 |
| 30.45.99 | 9 |
| 30.52.02 | 4 109 |
| 30.52.03 | 2 437 |
| 30.52.04 | 39 |
| 30.52.05 | 906 |
| 30.52.07 | 6 |
| 30.52.99 | 972 |
| 30.61.01 | 2 315 |
| 30.61.02 | 6 256 |
| 30.61.04 | 299 |
| 30.61.99 | 3 000 |
| 30.69.01 | 626 |
| 30.69.02 | 53 |
| 30.69.99 | 85 |
| 30.77.01 | 2 432 |
| 30.77.02 | 314 |
| 30.86.01 | 3 556 |
| 30.86.02 | 606 |
| 30.86.03 | 3 109 |
| 30.86.04 | 41 |
| 30.86.99 | 524 |
| | 35 935 |
| **Extraction et préparation du charbon** | |
| 20.79.01 | 6 |
| **Technologie des combustibles** | |
| 50.62.01 | 22 |
| **Métaux et matériaux** | |
| 70.04.01 | 1 658 |
| 70.04.02 | 126 |
| 70.04.03 | 453 |
| 70.04.05 | 24 |
| 70.04.06 | 24 |
| 70.04.07 | 60 |
| 70.04.08 | 1 107 |
| 70.04.17 | 297 |
| 70.18.01 | 158 |
| 70.27.01 | 79 |
| 70.27.03 | 494 |
| 70.27.09 | 282 |
| 70.27.10 | 50 |
| 70.54.01 | 648 |
| 70.54.02 | 173 |
| 70.54.04 | 185 |
| 70.65.01 | 19 |
| 70.65.03 | 18 |
| 70.91.01 | 845 |
| 70.91.06 | 278 |
| 70.91.08 | 54 |
| 70.91.36 | 114 |
| | 7 146 |

Nombre total de dosages = 43 109

## LABORATOIRE DE MÉTALLURGIE EXTRACTIVE

### Section de chimie physique

**Chef : A.H. Webster**

**Analyse thermique**

| Sous-sous-activité | Nombre d'essais |
|---|---|
| 30.29 | 22 |
| 30.61 | 10 |
| 30.86 | 8 |
| 30.77 | 7 |
| 50.62 | 5 |
| 70.54 | 4 |
| Total | 56 |

**Programmation informatique et services**

| Sous-sous-activité | Nombre d'essais |
|---|---|
| 30.45 | 1 |
| 30.69 | 2 |
| 30.86 | 1 |
| Total | 4 |

**Spectroscopie infrarouge**

| Sous-sous-activité | Nombre d'essais |
|---|---|
| 30.29 | 12 |
| 30.52 | 2 |
| 30.61 | 14 |
| 30.69 | 2 |
| Total | 30 |

## LABORATOIRE DE TRAITEMENT DES MINÉRAUX

### Section de la minéralogie appliquée

**Chef : J.L. Jambor**

**Résumé des services minéralogiques**

| Sous-sous-activité | SEM | Microsonde | Analyses d'image | Analyses par diffraction des rayons X |
|---|---|---|---|---|
| 30.05 | 22 | 378 | 10 | 15 |
| 30.13 | – | – | 8 | 30 |
| 30.21 | – | – | – | 6 |
| 30.29 | 41 | 26 | – | 162 |
| 30.37 | 31 | – | – | 12 |
| 30.45 | 162 | – | – | 7 |
| 30.52 | 245 | 106 | 1 | 93 |
| 30.61 | 89 | – | 2 | 16 |
| 30.77 | 171 | 151 | – | 754 |
| 30.86 | 4 | 47 | 2 | 314 |
| 50.62 | 19 | 10 | – | – |
| 70.76 | – | 214 | – | – |
| Totaux | 784 | 932 | 23 | 1 409 |

**Services de taille des pierres, de séparation des minéraux et autres**

| Services | Nombre de travaux achevés |
|---|---|
| Sections polies | 1 059 |
| Lames minces | 54 |
| Séparations magnétiques | 41 |
| Analyses de broyage et de criblage | 129 |
| Séparations par liquide dense | 103 |
| Calcination à basse température | 4 |
| Synthèse des normes | 1 |

## PROGRAMME D'AIDE À LA RECHERCHE INDUSTRIELLE (PARI)

| N° de projet | Projet | Industrie | Directeur scientifique |
|---|---|---|---|
| L2730-1161 | Low Firing Mould Process | DPCI | A.K. Kuriakose |
| L2730-1264 | Agitated Flotation Column | Hydrochem | T. Cienski |
| L2730-0442 | Development of Solid Sodium Electrolytes | Almax Ind. | T.A. Wheat |
| L2730-0938 | Low Permeability Fibrous Concrete | Gemite Unique Products Inc. | V.M. Malhotra |
| L2730-1064 | Biorecovery of Selenium | CMS | R.G.L. McCready |
| L2730-0634 | Cement-Based Dry-Bagged Construction Products | Target Products | H.S. Wilson |
| L2730-0722 | Enhanced Recovery of Asbestos Fibre Using Wet Milling Process | Cassiar | D.M. Doyle |
| L2730-0723 | Silica Fume Shotcrete | Target Products | H.S. Wilson |
| L2730-0786A | Underground Biological In-Place Leaching of Uranium Ore | Denison Mines | R.G.L. McCready |
| L2730-0870 | D.C. Plasma Arc Furnace | INCO Ltd. | J.M. Skeaff |
| L2730-0969 | Column Flotation of Lead and Zinc Sulphides | Cominco Ltd. | D.M. Doyle |
| L2730-1078 | Chara Process: Biological Polishing of Alkaline Effluents | Boojum | R.G.L. McCready |
| L2730-1107 | Nitrate Based Gold Recovery (NITRAUR Process) | Hydrochem | K.E. Haque |
| L2730-1184 | Process Control and Expert System for Oil Sand Extraction | Syncrude/Edmonton | D.M. Doyle |
| L2730-1199 | Recovery of Platinum, Palladium, and Rhodium from Spent Automotive Catalysts | Platinum Lake | G.M. Ritcey |
| L2730-1202 | Improved Iron Recovery | IOC | W.H. Cameron |

## CONTRATS AVEC RECOUVREMENT DES COÛTS

025242 – Image analysis of sulphide flotation products (Portugal)

025245 – Image analysis mineralogy

025269 – Mineralogy and liberation study of copper circuit products

025270 – PGM concentrate recovery for Lac des Iles

025285 – Production of aluminum reference materials

025288 – SEM imaging

025289 – Transfer of image–analysis technology

025293 – Mica processing

025295 – Consultative services for laboratory set–up

025299 – Preparation of three colluvial soil samples

025500 – Consultative sub–sub contract

025502 – Platinum extraction pilot plant

025503 – Image analysis goldstrike ore

025506 – Building stone – testing evaluation

025507 – Dewatering and calcining of lime

025510 – Microbiological assessment of tailings materials

025511 – B.C. olivine

025512 – Mode of occurence of titanium for Q.I.T.

025513 – Treatment of Alcan spent potlines

025514 – Sharper alloys

025515 – Treatment of Hosco Heva refractory gold ore

025516 – Upgrading and pelletizing ilmenite ore fines from Q.I.T.

025517 – Consultation on study of platinum–bearing chromite deposits

025518 – Mineralogical characterization of placer gold grains

025521 – Mineralogical study of Wellgreen Pt, Cu, Ni deposits – Yukon

025522 – Pilot plant testing to recover PM from CRM sweeps

025523 – Mine and tailings reclamation studies

025524 – Consultation on recovery of precious metals

025525 – Analyses from Tulameen chromite

025526 – Royal Canadian Mint

025527 – Process control and expert system for oil sand extraction

025528 – Emission spectrometric analysis of titanium dioxide

025529 – Cyanide and metals recovery from Merrill–Crowe barren solutions

025531 – Preparation of gold–bearing rock reference samples

025532 – Evaluation of ion exchange resins

025533 – Review bacterial leaching activities and plans

025534 – Image analysis studies Iron Ore Company

025535 – Analysis of strontium carbonate/oxide samples

025536 – Preparation of pressed powder elemental standards

025542 – Use of MSL radiation counting facilities

## PROJET SPÉCIAL

**Étude sur les fonderies de minerais non ferreux**

- **Chef de projet : W.J.S. Craigen**

**Objectifs :**

Aider l'industrie canadienne des fonderies de minerais non ferreux à mettre au point et à mettre en application des techniques nouvelles ou des techniques améliorées destinées à la modernisation des fonderies, qui permettront de réduire de façon appréciable les émissions gazeuses ($SO_2$) et d'accroître en même temps la productivité de l'industrie et la concurrence sur le plan international.

**Historique :**

Les objectifs premiers de l'étude sur les fonderies de minerais non ferreux ont été, pour la majeure partie, réalisés avec la publication de deux rapports spéciaux d'EMR, l'un sur le nickel et le cuivre, et l'autre sur le plomb et le zinc. Les travaux poursuivis dans le cadre de cette étude sont maintenant axés sur la mise en oeuvre des initiatives liées au développement de la technologie, documentées dans les rapports d'EMR et décrits avec plus de détails, emplacement par emplacement, dans les profils technologiques de CANMET. Actuellement, l'aide gouvernementale visant à encourager le lancement de projets de développement technologique peut être obtenue des sources suivantes : programme PDIR du MEIR; EEM entre le fédéral et les provinces; propositions spontanées (CANMET/ASC); PARI et CRSNG.

**État actuel :**

D'après les rapports d'étape sur les méthodes de réduction des émissions de $SO_2$ de l'INCO applicables aux installations de Sudbury, la nouvelle technique utilisée en fonderie pour atteindre les objectifs fixés en matière d'émission de $SO_2$ sera la fusion flash d'un concentré collectif de Ni/Cu. Cette technique permet de s'appuyer sur les compétences de l'INCO en matière de fusion flash, et elle constitue pour ainsi dire l'approche recommandée par CANMET dans le rapport spécial d'EMR sur le nickel et le cuivre. Elle est de loin l'option la plus rentable sur le plan énergétique, elle ne nécessite pas d'installation de nettoyage du laitier, et elle devrait permettre de réduire sensiblement les coûts dans l'installation de traitement, étant donné qu'il n'est pas nécessaire de produire des concentrés sélectifs. Les objectifs visés pour 1994 en matière d'émission de $SO_2$ devraient pouvoir être atteints sans qu'il soit nécessaire de capter le $SO_2$ à partir des convertisseurs. On aura ainsi suffisamment de temps pour mettre au point un procédé de conversion en continu qui facilitera le captage du $SO_2$ rejeté par les convertisseurs en vue de satisfaire aux exigences futures de réduction des émissions de $SO_2$ au-delà de 1994. De plus, l'INCO n'aura peut-être pas à construire une nouvelle installation de récupération d'acide, étant donné que les rejets de l'installation de fusion flash auront des concentrations en $SO_2$ assez élevées pour justifier leur transport par pipeline aux installations existantes du PDIR où s'effectuera la conversion en acide. La rentabilité de cette option, qui comprend la transformation de l'installation de récupération d'acide à contact simple en une installation à contact double, est présentement à l'étude.

Il existe un certain nombre de problèmes rattachés à la fusion flash des concentrés collectifs de Ni/Cu, à la séparation Ni/Cu dans le traitement de la matte, à la conversion flash du cuivre MK (provenant du traitement de la matte) et au captage du $SO_2$ produit par le grillage en lit fluidisé du NiS (provenant aussi du traitement de la matte). CANMET, en collaboration avec le CRSNG et l'UBC, a mis sur pied un projet dans lequel on utilise l'installation de fusion flash de l'UBC en vue d'aider l'INCO à évaluer les paramètres de fusion relatifs au cuivre MK et aux concentrés de Ni/Cu. Des négociations relatives à la réalisation d'un deuxième projet de collaboration portant sur le soufflage haute pression dans les tuyères se déroulent présentement avec des participants possibles, dont Air Liquide Canada ltée, l'UBC, CANMET et le MEIR. D'autres projets de collaboration entre CANMET et l'INCO sont aussi étudiés en vue de leur mise sur pied en 1988-1989.

Le projet de l'INCO (Sudbury) relatif au rejet de pyrrhotite (Po), réalisé avec l'aide du PDIR, se déroule de façon satisfaisante. Les problèmes d'exploitation dans l'installation de démonstration ont été résolus, et l'installation est exploitée de façon continue, suivant le principe de campagnes, depuis environ neuf mois. Cependant, on doute encore fortement que les objectifs visés en matière de rejet de Po et de récupération du nickel et des métaux du groupe platine puissent être atteints à la date prévue, soit en juin 1988. De plus, avec l'utilisation de la méthode de fusion en vrac, le meilleur moyen d'obtenir le niveau requis de rejet de Po en vue de satisfaire aux objectifs d'émission de $SO_2$ est loin d'être aussi bien défini. La méthode $SO_2$/air de rejet de Po n'est peut-être pas la meilleure solution au problème. Par conséquent, beaucoup de travaux de R et D sont encore requis, particulièrement en raison de l'application du nouveau plan de rationalisation de l'installation de traitement, selon lequel toutes les opérations de traitement seraient concentrées à Clarabelle. D'après la liste des activités de l'INCO prévues en 1988, tous les aspects du broyage et de l'enrichissement en vue du rejet de Po seront étudiés. Ces travaux dépassent largement la portée originale du projet PDIR/INCO sur le rejet de Po.

La Falconbridge poursuit actuellement trois projets de développement technologique faisant l'objet d'un soutien financier du MEIR, dans le cadre du PDIR, afin d'atteindre les objectifs prévus sur les plans de la modernisation de ses installations et de la réduction des émissions de $SO_2$. Les trois projets, "grillage accru", "nettoyage des laitiers de convertisseurs" et "rejet de la pyrrhotite", se déroulent de façon satisfaisante et suivant le calendrier établi. Dans le projet sur le rejet de la Po, des résultats encourageants

ont été obtenus lors des essais de matériel et de techniques de séparation magnétique nouveaux, et une colonne de flottation de 3' x 45' a été conçue, installée et mise en service. Des essais sont effectués en vue de l'application de la flottation en colonne à la séparation Cu/Ni et à la séparation Po/Pn.

Dans le projet sur le grillage accru, les cyclones secondaires du circuit de l'installation de grillage ont été contournés avec succès sans qu'il en découle d'effets nuisibles sur le fonctionnement de l'usine d'acide, et les fuites d'air ont été réduites de 50 %. Des refroidisseurs de cuivre ont été installés dans le four électrique et ont fait l'objet de démonstrations, et les travaux de modélisation du fonctionnement du couloir de convertisseur destiné à la manipulation de la matte de fonderie de qualité plus élevée se déroulent de façon satisfaisante. Dans le projet sur le nettoyage des laitiers de convertisseurs, les essais effectués sur un réducteur meilleur marché ont donné des résultats encourageants, et l'analyse des données d'exploitation se poursuit en vue de déterminer les principaux facteurs qui influent sur le comportement métallurgique et la durée des matériaux réfractaires.

Des projets de collaboration possible entre CANMET et la Falconbridge en 1988–1989 sont étudiés, notamment une demande de la Falconbridge relative au parrainage d'un symposium sur les réactifs de flottation, à Sudbury.

La HBMS a présenté au gouvernement une demande d'aide financière en vue de la modernisation de la fonderie de Flin Flon. Les coûts totaux sont estimés à 100 millions de dollars : 75 millions pour l'installation de lixiviation sous pression du zinc (ZPL) et 25 millions pour la modernisation de la fonderie de cuivre. Dans cette dernière, il faudrait ajouter des éléments de four électrique provenant de l'installation de volatilisation des laitiers, qui doit être fermée lorsque l'installation de lixiviation sous pression du zinc sera prête, et modifier un des convertisseurs existants de façon à permettre l'utilisation à la façon d'un réacteur de la Noranda. Les économies au chapitre des coûts d'exploitation résultant de la modernisation de la fonderie seraient d'environ 20 millions de dollars par année et la réduction des émissions de $SO_2$ serait de 29 %. Tous ces avantages découleraient de l'application du procédé ZPL. Il n'y aurait aucune réduction des émissions de $SO_2$ produites par la fonderie de cuivre.

Un groupe de travail fédéral/provincial a été créé pour étudier la demande d'aide financière de la HBMS. EMR est représenté par le Secteur de la politique minérale et CANMET fournit un soutien technique au besoin.

Trois projets CANMET/HBMS visant à accroître la viabilité économique du procédé ZPL sont exécutés en vertu de l'EEM conclue avec le Manitoba. Ce sont :

- Récupération de l'or et de l'argent à partir des résidus oxydés du procédé ZPL;
- Récupération de l'or et de l'argent à partir des résidus sulfurés du procédé ZPL;
- Séparation accrue du zinc/cuivre dans la production de concentrés sélectifs.

Les travaux relatifs à la récupération de l'or et de l'argent à partir des résidus oxydés sont terminés à la Sherritt Gordon, et un rapport final d'évaluation de la viabilité technique–économique du procédé sera prêt en mai 1988. Les essais effectués à CANMET sur un procédé pyrométallurgique de rechange pour la récupération de l'or et de l'argent à partir de résidus sulfurés sont aussi terminés. L'évaluation de rentabilité comparative des options de rechange techniquement applicables aux résidus sulfurés du procédé ZPL est entreprise directement par la HBMS, et un rapport devrait être prêt en avril 1988. Des essais de méthodes destinées à accroître la séparation zinc/cuivre à l'échelle de production, basés sur des études préliminaires effectués à CANMET et la l'Université du Manitoba, sont réalisés à la HBMS.

La Cominco a commencé les travaux relatifs au contrat à frais partagés Cominco/CANMET sur le traitement des résidus hydrométallurgiques. Une entente a aussi été conclue sur les questions de propriété, de brevet et de permis concernant le procédé. Le projet vise à améliorer la séparation et la récupération du soufre et des métaux précieux à partir des résidus de lixiviation du procédé hydrométallurgique.

De grands progrès ont été réalisés pendant la première année d'exécution du projet UBC/Cominco/CRSNG sur la modélisation du procédé ZPL. La grève à la Cominco a permis l'installation dans l'autoclave de nouveaux tubes de prélèvement qui permettent d'obtenir de meilleurs échantillons pour la vérification des calculs basés sur le modèle.

Le contrat à frais partagés CANMET/PARI/INCO Sudbury sur la réduction/fusion au plasma appliquée à la production de nickel utilitaire se déroule de façon satisfaisante. Le four est en opération depuis le début de septembre, et il permet de produire du nickel à partir d'oxyde de nickel. Les principaux problèmes qui restent à résoudre sont la forte teneur en carbone du nickel produit, l'érosion de la brique réfractaire et la consommation élevée d'électrodes.

Le contrat à frais partagés conclu entre CANMET et l'INCO Sudbury sur le contrôle de l'électrolyte d'affinage du cuivre est terminé, et un rapport final a été publié. Les techniques de contrôle mises au point n'ont pu être appliquées avec succès au circuit d'affinage, mais les connaissances acquises sont appréciables et on prévoit qu'elles seront mises à profit dans l'exploitation de l'installation d'extraction électrolytique du cuivre.

La Noranda a annulé le deuxième essai destiné à traiter 2 000 t de poussières de la fonderie Horne à la Nova Pb. Une décision a été prise à l'effet d'acheter un four rotatif court pour le traitement de ces poussières, de même que des poussières normales de la fonderie de plomb BMS, à Belledune. Ce projet, réalisé dans le cadre du programme DRECT de CE/EMR a par conséquent été discontinué.

Le projet de la Tibur Howden sur l'application de la fusion au plasma à la récupération des métaux à partir des poussières de carneau de fonderies de minerais ferreux et non ferreux, réalisé dans le cadre du programme PDIR du MEIR, a été discontinué en raison du retrait de la Howden. Le four à plasma a été utilisé de façon intermittente pendant une période d'un an à des vitesses d'alimentation moyennes en poussières d'aciérie de 0,4 t/h, et un rapport final a été rédigé. Malgré le succès raisonnable obtenu dans les essais en vue de produire un laitier rejeté non nuisible à l'environnement, il faudra effectuer encore beaucoup plus d'essais pour optimiser les paramètres du procédé et évaluer la viabilité économique.

Le contrat de construction de l'usine d'acide de la fonderie Horne de la Noranda a été accordé à la Chemetics Int'l. Les coûts de l'usine d'acide sont estimés à 125 millions de dollars pour une capacité de 600 000 t/a.

Les travaux de construction de la nouvelle fonderie de plomb de la Cominco (procédé QSL) à Trail (C.-B.) avancent suivant le calendrier établi.

Les travaux réalisés à la suite de la proposition spontanée (Université McMaster) sur la fusion par réduction, à laquelle CANMET a donné son appui, indiquent qu'il n'est pas possible techniquement de produire du $H_2S$ à partir de laitier contenant du CaS. Cependant, du $H_2S$ peut être produit à partir de laitier contenant du $Na_2S$. Étant donné que les sels de sodium ne peuvent pas être considérés comme une substance pratique ou rentable pour la fusion par réduction, ce projet de développement technologique sera évalué en fonction de ses possibilités d'application à la conversion du $SO_2$ en soufre élémentaire.

Des options de rechange au captage du $SO_2$ ou à l'utilisation de l'acide sulfurique, ou aux deux, sont étudiées dans deux projets réalisés en vertu des EEM conclues avec le N.-B. et la N.-É. Les études dans ce domaine portent notamment sur la production d'engrais à base de sulfate de potassium ou de phosphate de potassium, ou des deux. Des rapports préliminaires sur les options de traitement et les marchés possibles ont été publiés par la British Sulphur, en ce qui concerne le $K_2SO_4$, et par la Kilborn, en ce qui concerne le phosphate monopotassique (MKP). Un grand nombre de techniques de rechange ont été envisagées, mais, à ce jour, aucune ne peut être considérée comme nettement supérieure aux autres.

En 1987-1988, CANMET a continué de participer, à titre de conseiller technique, aux Systèmes de récupération plus poussés (ERS) ainsi qu'au RPC, portant sur l'évaluation de l'installation de traitement pilote SRL, de Chatham (N.-B.). Un rapport final sur l'évaluation de la viabilité technique et économique du procédé a été publié par l'ERS et approuvé par le comité consultatif technique. Un contrat portant sur la vérification de la conception technique ainsi que des coûts d'immobilisation et d'exploitation vient d'être accordé.

Les projets de développement de fonderie qui suivent sont actuellement en cours dans le cadre de l'EEM conclue avec le Manitoba :

**a) Rejet de la pyrrhotite : INCO Thompson**

Les études portent notamment sur les réactifs de flottation, le flottation en colonne, le rebroyage, la séparation magnétique et l'effet de l'élimination de la Po sur les bilans thermiques de la fonderie. Le projet est achevé à environ 50 %. La date fixée pour l'achèvement du projet a été reportée jusqu'en avril 1989. À la demande de l'INCO, des discussions ont eu lieu relativement à un appui éventuel, dans le cadre de l'EEM, à de nouveaux projets à frais partagés, notamment un projet de modernisation d'une affinerie visant à éliminer les retours à la fonderie et à simplifier les problèmes de bilan énergétique rattachés au rejet de la Po.

**b) Procédé hydrocuivre GCM : HBMS/BDA**

L'évaluation technique et économique du procédé GCM faite par la HBMS et CANMET a été présentée à la séance d'étude annuelle de l'EEM. De plus, des comparaisons entre la rentabilité du procédé GCM et celle de procédés de rechange pour la réduction des émissions de $SO_2$ à la HBMS ont été documentées, et les données recueillies ont été publiées dans un rapport CANMET/HBMS distinct et présentées à une conférence internationale sur le cuivre, tenue au Chili. Avant tout, les données montrent qu'à l'heure actuelle il n'existe aucune option de rechange viable sur les plans technique et économique pour la réduction des émissions de $SO_2$ produites par la fonderie de cuivre de la HBMS. Le procédé GCM offre les meilleures possibilités à long terme par comparaison aux procédés pyrométallurgiques de rechange. Toutefois, des essais continus en installation pilote du procédé sont nécessaires et une installation efficace de récupération sur place de l'or à partir des résidus de lixiviation du procédé GCM doit être mise en place. Les coûts totaux de mise en place pourraient dépasser 5 millions de dollars. À moins que les règlements en matière de protection de l'environnement n'imposent des réductions importantes des émissions de $SO_2$ par les fonderies de cuivre, il est peu probable que la HBMS ou un autre producteur canadien de cuivre soit prêt à engager des fonds en vue de perfectionner le procédé. Par conséquent, le présent projet, réalisé dans le cadre de l'EEM, est pour ainsi dire terminé, à moins que les règlements relatifs aux émissions de $SO_2$ ne forcent l'industrie à réévaluer la situation. Deux sociétés d'experts-conseils en génie, la Fenco Lavalin (Canada) et l'Utah International (É.-U.), ont manifesté leur intérêt pour le procédé GCM.

**c) Récupération de métaux contenus dans les résidus oxydés : HBMS/Sherritt**

Un rapport final sur les études effectués dans la Phase I a été publié par la Sherritt. Les résultats semblent encourageants, et la HBMS a engagé 40 000 $ pour la mise sur pied des études de la Phase II. Une aide financière sera fournie dans le cadre de l'EEM en 1988–1989 pour permettre l'achèvement du projet.

**Contrats :**

- Demande 5–9030, "To develop sulphur reducing mineral beneficiation techniques and perform sulphur emission tests at INCO Smelter, Thompson, Manitoba", INCO ltée D.S. – W.J.S. Craigen.

- Demande 5–9129, "Gold–silver recovery from zinc pressure leach residues Phase I", Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. D.S. – W.J.S. Craigen.

- Demande 5–9220, "Metal recovery oxide residues", Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. D.S. – W.J.S. Craigen.

- Demande 5–9264, "Gold–silver recovery from zinc pressure leach residues Phase II", Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. D.S. – W.J.S. Craigen.

- Demande 6–9191, "Gold–silver recovery from zinc pressure leach residues Phase III", Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. D.S. – W.J.S. Craigen.

## SYMPOSIUM DE CANMET À VAL D'OR

Un symposium de CANMET, intitulé "CANMET, partenaire de l'industrie minière québécoise", a été présenté à Val D'Or les 24 et 25 février 1988. Le principal but du symposium était de favoriser les rencontres et d'offrir une tribune pour des échanges de vues entre les chercheurs du gouvernement et des représentants de l'industrie minière. Le personnel des LSM a fait des présentations d'affiches et a organisé les séances techniques. Dans cette partie du Québec, l'accent est mis sur l'extraction et le traitement de l'or, et cette caractéristique s'est reflétée dans le contenu technique du symposium.

Les communications suivantes ont été présentées : soutien offert par les LSM à l'industrie minière, par L.L. Sirois; application de l'ordinateur au traitement des minéraux, par D. Laguitton; minéralogie de l'or, par L.J. Cabri; récupération de l'or contenu dans les solutions, par G. Deschênes; destruction du cyanure et gestion des résidus, par G.M. Ritcey et coll.; utilisation de laitier comme matériau de remblyage de mine cimenté, par V.M. Malhotra et coll.; et ententes sur l'exploitation minérale, par D.M. Doyle et coll. Des ateliers sur la minéralogie, le traitement des minéraux assisté par ordinateur, l'utilisation de laitier comme matériau de remblayage, la cyanuration et le traitement au cyanure ont été organisés. Des exposés et des bandes vidéo portant sur les projets et les services des LSM ont aussi été présentés au séminaire.

L'industrie a très bien répondu, et la participation a dépassé les prévisions.

## PARTIE C. PARTICIPATION À DES COMITÉS TECHNIQUES

## COMITÉS INTERNATIONAUX

### ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Barkley, D.J.
- membre, CAC/ISO/CT 26/SC 1, Cuivre et alliages de cuivre;
- membre, CAC/ISO/CT 17/SC 1, Analyse de l'acier et de la fonte;
- partenaire correspondant, CAC/ISO/CT 17/SC 1/GT–12, Plasma.

Chen, T.T.
- membre, CAC/ISO/TC 175, spath fluor.

Graham, J.A.
- membre, CAC/ISO/CT 183, Minerais et concentrés de cuivre, de plomb et de zinc;
- membre, CAC/ISO/CT 183, Comité organisateur de la conférence internationale qui se tiendra à Ottawa en mai 1988;
- partenaire correspondant, CAC/ISO/CT 183GT–2, Argent et or dans les concentrés de cuivre.

Hole, J.C.
- membre, CAC/ISO/CT 102, Minerais de fer;
- président, CAC/ISO/CT 102/SC 2, Minerais de fer.

Mainwaring, P.R.
- membre, comité mixte CAC/ISO/CT 146/147/SC 3,/GT1, Détection des fibres d'amiante dans l'air.

Malhotra, V.M.
- président, CAC/ISO/CT 71, Béton (SC 1 et SC 3).

Smith, C.W.
- membre, CAC/ISO/REMCO, Comité des matériaux de référence.

Steger, H.F.
- président, CAC/ISO/REMCO, Matériaux de référence.

Sutarno, R.
- membre, CAC/ISO/CT 102, Minerai de fer;
- président, CAC/ISO/CT 102/SC 1, Sous–comité de l'échantillonnage;
- convocateur, ISO/CT 102/SC 2/GT 12, Sous–comité de l'analyse chimique, Groupe de travail sur l'évaluation des données statistiques;
- représentant canadien auprès du Groupe d'étude des matériaux de référence, Minerais de fer, CAC/ISO/CT 102/SC 2;
- membre, CAC/ISO/CT 69, Application des méthodes statistiques;
- président, CAC/ISOC/T 69/SC 6, Méthodes de mesure et résultats;
- représentant canadien auprès de l'ISO/CT 69/SC 6/GT 1, Révision de l'ISO 5725;

- convocateur, ISO/CT 69/SC 6/GT 4, Groupe de travail conjoint entre l'ISO/CT 69 et l'ISO/REMCO sur les aspects statistiques des matériaux de référence;
- membre, CAC/ISO/REMCO, Matériaux de référence;
- membre, CAC/ISO/TC 183, Minerais et concentrés de cuivre, de plomb et de zinc;
- convocateur, CAC/ISO/CT 183/GT 10, Évaluation statistique des programmes d'essai.

Wilson, J.M.D.
- membre, CAC/ISO/CT 24, Tamis, tamisage et autres méthodes de criblage;
- membre, CAC/ISO/CT 102, Minerais de fer (SC 3 et SC 5).

## ASSOCIATION INTERNATIONALE DE MINÉRALOGIE

Cabri, L.J.
- représentant canadien, Commission de la microscopie des minerais;
- rapporteur, Sous-comité des méthodes d'analyse, Commission de la minéralogie appliquée.

Chen, T.T.
- membre, Comité des sulfosels.

Petruk, W.
- membre, Comité de la minéralogie appliquée

## COMITÉ INTERNATIONAL DE MINÉRALOGIE APPLIQUÉE DANS L'INDUSTRIE MINÉRALE

Petruk, W.
- représentant canadien;
- agent de liaison.

## AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

Campbell, M.C.
- membre, Groupe d'experts-conseils sur l'extraction de l'uranium.

Dalton, J.L.
- expert-conseil, Techniques d'analyse appliquées à l'exploitation de l'uranium, à la mise en valeur et au traitement des minerais.

## AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE

Ahmed, S.M.
- responsable technique canadien de la liaison avec l'AIE pour la Tâche VI (électrolyse photocatalytique de l'eau) dans le cadre du Programme de recherche, de développement et de production d'hydrogène à partir de l'eau.

**DIVERS**

Dutrizac, J.E.
- membre, Comité de rédaction, hydrométallurgie, Elsevier Publishing Co., Amsterdam.

MacKinnon, D.J.
- membre, Comité de rédaction, hydrométallurgie, Elsevier Publishing Co., Amsterdam.

McCready, R.G.L.
- membre, Comité de rédaction, hydrométallurgie, Elsevier Publishing Co., Amsterdam.

Malhotra, V.M.
- membre, Comité des essais non destructifs du béton.

Mirkovich, V.V.
- directeur, Conférence internationale sur la conductivité thermique;
- membre, Comité de rédaction, International Journal of Thermophysics, Plenum Press, N.Y.

Ritcey, G.M.
- membre, Comité international de la technologie de l'extraction au solvant;
- rédacteur en chef, International Journal of Hydrometallurgy, Elsevier Pub. Co., Amsterdam;
- membre, Comité de rédaction, Journal of Separation Process Technology, C. Lildwell Press, Angleterre;
- membre, Comité de rédaction, "Science and Technology of Tributyl Phosphate", C.R.C. Press, Pub.;
- membre, Comité de rédaction, "Extractive and Process Metallurgy", Gorden & Branch, Pub.;
- membre, Conférence internationale sur la science et la technologie de la séparation, Comité international;
- président, Conférence internationale sur la science et la technologie de la séparation, Deuxième conférence.

Sirois, L.L.
- membre, Comité scientifique international du Congrès international sur le traitement des minéraux;
- membre, Dixième congrès international sur la préparation des charbons, Comité organisateur.

Soles, J.A.
- membre, Process Mineralogy Committee, AIME;
- membre, Comité organisateur, 7$^{e}$ Conférence internationale sur la réactivité aux alcalis;
- membre, Sous-comité des normes et des essais concernant les agrégats et les bétons, Association canadienne de normalisation.

Stefanski, M.J.
- membre, Dixième congrès international sur la préparation des charbons, Comité du programme technique.

## CANADA

### GOUVERNEMENT FÉDÉRAL

Andrews, P.R.A., Doyle, D., Lamothe, J.M., Soles, J.A., Wang, S.S.B., Wilson, H.W.
- membres, Comité de liaison interdirection, Minéraux industriels (ILIM).

Bédard, P.
- membre, Comité LSM–TDE.

Bell, D.H.
- vice–président, Sous–comité technique pour la technologie minière et minérale, Entente sur l'exploitation minérale CANADA–TERRE–NEUVE.

Campbell, M.C.
- président, BIOMINET;
- président, Comité LSM–TDE;
- membre, Comité des acquisitions TDE de CANMET;
- membre, Groupe d'évaluation des ressources en uranium;
- membre, Groupe de coordination sur la biotechnologie.

Collings, R.K.
- président, Liaison interdirection, Minéraux industriels (ILIM).

John, R.D.
- membre, Comité consultatif, Deuxième conférence internationale sur la gestion des résidus radioactifs.

McCready, R.G.L.
- secrétaire, BIOMINET

Pilgrim, R.F.
- membre, Comité LSM–TDE.

Stefanski, M.
- vice–président, Sous–comité technique de la technologie minière et minérale, Entente sur l'exploitation minérale CANADA–TERRE–NEUVE.

Steger, H.F.
- membre, Comité interministériel des politiques de normalisation.

Sutarno, R.
- membre, Comité LSM–TDE;
- membre, Comité des acquisitions TDE de CANMET;
- représentant des LSM au Comité CAD de CANMET;
- représentant des LSM au Comité de communication et de marketing de CANMET.

**MINISTÈRE DE L'EXPANSION INDUSTRIELLE RÉGIONALE**

Craigen, W.J.S.
- membre, Comité consultatif technique pour l'installation pilote de grillage (sulfatation) et lixiviation, Canada – Nouveau-Brunswick;
- membre, Conseil d'administration, Systèmes de récupération plus poussée;
- membre, Comité consultatif technique pour la modernisation des fonderies septentrionales.

**OFFICE DES NORMES GÉNÉRALES DU CANADA**

Douglas, E.
- membre, Comité GP-34, Produits d'amiante-ciment.

**UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA**
**THE CENTRE FOR METALLURGICAL PROCESS DEVELOPMENT**

Campbell, M.C.
- membre, Comité consultatif technique

**ENVIRONNEMENT CANADA**

Joe, E.G.
- membre, Groupe de travail sur les exploitants d'or.

**CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES EN SCIENCES NATURELLES ET EN GÉNIE**

Bell, D.H.
- secrétaire scientifique, Comité d'attribution des subventions, Génie chimique et métallurgique.

Dutrizac, J.E.
- membre, Comité d'attribution des subventions, Génie chimique et métallurgique.

Townsend, M.G.
- membre, Comité de la technologie des circuits intégrés au silicium.

**DIVERS**

**SOCIÉTÉ CANADIENNE DE LA CÉRAMIQUE**

Ahmad, A.
- membre, Division de l'électronique et des sciences fondamentales;
- président, Division de l'électronique et des sciences fondamentales, sessions techniques;
- juge, concours céramographique

Canaday, J.D.
- rédacteur associé, Journal of Canadian Ceramic Society.

Kuriakose, A.K.
- président, Comité céramographique;
- rédacteur associé, Journal of CCS;
- directeur, SCC;
- président de session, assemblée annuelle de la SCC, Division de l'électronique et des sciences fondamentales.

Wheat, T.A.
- directeur, Division de l'électronique et des sciences fondamentales;
- président, Comité des publications.

## COMITÉ CANADIEN DE LA CHIMIE ANALYTIQUE PROPRE À L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE CANADIENNE

Dalton, J.L.
- membre, Comité organisateur du 4e Atelier (mai 1988).

## INSTITUT CANADIEN DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE

Cabri, L.J.
- représentant, volumes spéciaux.

Collings, R.K.
- membre, Comité des volumes spéciaux.

Doyle, D.
- secrétaire, Division des exploitants canadiens de minéraux.

Dutrizac, J.E.
- membre, Comité de l'histoire de la métallurgie;
- membre, direction de la Section de l'hydrométallurgie;
- membre, Comité des métaux légers.

Laguitton, D.
- membre, Comité de maîtrise des procédés et des applications de l'informatique.

Mainwaring, P.R.
- président, Section des sciences minérales et de la métallographie, Société de métallurgie.

Ritcey, G.M.
- membre, direction de la Section de l'hydrométallurgie.

Skeaff, J.M.
- président, Publicité, Conférence des métallurgistes de l'ICM 1988.

## CONFÉRENCE DES EXPLOITANTS CANADIENS DE MINÉRAUX

Doyle, D.
- secrétaire.

## COMITÉ NATIONAL CANADIEN DE L'UNION INTERNATIONALE DE CRISTALLOGRAPHIE

Szymanski, J.T.
- secrétaire.

## ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION

Andrews, R.P.A.
- membre, Comité du gypse et de la chaux (A.82);
- président, Sous-comité de rédaction.

Carette, G.G.
- membre, Comité du ciment (A.5);
- membre, Comité des mélanges servant à la préparation du ciment.

Malhotra, V.M.
- membre, Comité exécutif des agrégats et du béton (A.23.1, A.23.2, A.24.3);
- membre, Comité de l'ACNOR (A.23.1).

Soles, J.A.
- membre, Sous-comité de la réactivité des agrégats dans le ciment;
- membre, Comité du ciment et des agrégats.

Sutarno, R.
- membre, Comité des applications des méthodes statistiques.

## SOCIÉTÉ CANADIENNE DE GÉNIE CIVIL

Malhotra, V.M.
- membre, Comité des activités techniques;
- rédacteur associé, Canadian Journal of Civil Engineering.

## COMITÉ CANADIEN MÉTALLURGIQUE DES PRODUCTEURS D'URANIUM

Dalton, J.L.
- trésorier, Sous-comité d'analyse;
- convocateur, Voie de l'analyse par fluorescence aux rayons X, CANMET.

## INSTITUT DE CHIMIE DU CANADA

Hole, J.C.
- président, Comité des inspecteurs.

## GROUPE DE TRAVAIL DES EXPLOITANTS DE MINERAIS DE FER

Cameron, W.
- président et secrétaire.

Campbell, F.R., Doyle, D., Kuriakose, A.K., Quon, D., Stefanski, M.J., Wilson, J.M.D.
- membres.

**ASSOCIATION MINÉRALOGIQUE DU CANADA**

Cabri, L.J.
- président sortant;
- président, Comité de nomination;
- président, Comité de reconnaissance du mérite des présidents sortants.

Szymanski, J.T.
- rédacteur associé, Canadian Mineralogist.

**SOCIÉTÉ DE SPECTROSCOPIE DU CANADA**

Churchill, T.R.
- gestionnaire, Canadian Journal of Spectroscopy;
- président des expositions, 35e Conférence canadienne sur la spectroscopie.

Wittwer, J.W.
- directeur, Section de la Vallée de l'Outaouais.

**COMITÉ TECHNIQUE SUR LA NEUTRALISATION DES EAUX ACIDES DANS L'ENVIRONNEMENT MINIER**

McCready, R.G.L.
- membre, (Aéroport international d'Halifax).

## ÉTATS-UNIS

**AMERICAN CONCRETE INSTITUTE**

Malhotra, V.M.
- membre, Technical Activities Committee;
- membre, ACI Committee 114 on Research Needs in Concrete;
- président, ACI Committee 226/Subcommittee on Silica Fume;
- membre, Materials Research Council;
- membre, Technical Committee (214, 226, 228 et 568).

**AMERICAN INSTITUTE OF MINING, METALLURGICAL AND PETROLEUM ENGINEERS**

Dutrizac, J.E.
- membre, Lead, Zinc, Tin Committee.

Mainwaring, P.R.
- membre, Process Mineralogy.

Petruk, W.
- président, Methodology, Process Mineralogy;
- membre, Technical Activities Committee.

## AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

Horton, R.E.
- secrétaire, Comité E.02, Emission Spectroscopy;
- chef, Task Group on Line Overlap in X-ray Spectrometry.

Malhotra, V.M.
- membre, Comité C.09, Concrete;
- président, C.09.02.05, Subcommittee on Non-Destructive Testing of Concrete.

Sutarno, R.
- membre, Executive Committee of E-16, Sampling and Analysis of Metal-Bearing Ores;
- membre, Working Group on Sampling.

## AMERICAN CERAMIC SOCIETY

Ahmad, A.
- membre, The Basic Science Division.

Kuriakose, A.K.
- membre.

## NATIONAL RESEARCH COUNCIL, U.S.A. - TRANSPORTATION RESEARCH BOARD

Malhotra, V.M.
- président, Comité A2 E.03, Mechanical Properties of Concrete.

## CENTER FOR RESEARCH ON SULPHUR IN COAL

Moon, K.S.
- membre, Program Review Committee.

## PARTIE D. PUBLICATIONS, ARTICLES, EXPOSÉS ET RAPPORTS

### Articles et communications publiés dans des livres

Campbell, M.C., Wadden, D., Marchbank, R., McCready, R.G.L. et Ferroni, G., "In-place leaching of uranium at Denison Mines Limited in Developments of Projects for the production of uranium concentrates"; Agence internationale de l'énergie atomique 151-165; Vienne AIEA-CT-453.5/11.

McCready, R.G.L. et Lakshmanan, V.I., "Review of bioadsorption research to recover uranium from leach solutions in Canada"; dans Immobilization of Ions by Bio-sorption; préparé par H. Eccles et S Hunt; Horwood Publishers 219-226; Londres (Angleterre); 1986.

McCready, R.G.L., "Microbiological studies on high-sulphur Eastern Canadian coals in biotechnology applied to fossil fuels"; rédacteur, D.L. Wise, C.R.C. Press; Boca Raton (Floride) (sous presse); 1988.

### Articles publiés dans des actes de conférence

Malhotra, V.M., Carette, G.G. et Bremner, T.W., "Durability of concrete containing supplementary cementing materials in marine environment"; Proceedings of the Katharine and Bryant Mather International Conference on Concrete Durability; Atlanta (Georgie); 1987.

Melis, L.A., Steger, H.F., Knapp, R.A., Scharer, J.M. et Smith, C.W., "Study of the state of nickel and arsenic in uranium mill tailings"; Proceedings of the International Symposium on Crystallization and Precipitation 221-229; 1987.

Mikhail, S.A., "Thermogravimetric method for the determination of major reaction products in fluidized-bed coal combustion processes"; Proceedings of the 16th North American Thermal Analysis Society Conference; réd., P.J. Kelleghan; 502-508; 1987.

McCready, R.G.L., "A review of the physical, chemical and biological measures to prevent acid mine drainage: An application to the pyritic Halifax shales"; Proc. Acid Mine Drainage Seminar/Workshop": Environnement Canada 333-355; En 40-11-7; 1987.

Sivasunderam, V., Carette, G.G. et Malhotra, V.M., "Superplasticized high-volume fly ash system to reduce temperature rise in mass concrete"; Proceedings of the Eighth International Ash Utilization Symposium; Washington, D.C.; 1987.

## Articles publiés dans des revues étrangères

Barkley, D.J., Dahms, T.E. et Villeneuve, K.N., "Permanently coated ion exchangers for liquid chromatographic determination of anionic species in samples from environmental control processes"; J Chromatogr 395:631–640; 1987.

Carette, G.G. et Malhotra, V.M., "Characterization of Canadian fly ashes and their relative performance in concrete"; Canadian Journal of Civil Engineering 14:667–682; 1987.

Hogarth, D., Chao, G.Y. et Townsend, M.G., "Potassium– and fluorine–rich amphiboles from the Gatineau area, Québec"; Can Mineral 25:739–753; 1987.

Jambor, J.L., Roberts, A.C. et Grice, J.D., "Armstrongite from the Strange Lake alkalic complex, on the Quebec–Labrador boundary, Canada"; Powder Diffraction 2:2–4.

Jambor, J.L., Carson, D.J., Stemerowicz, A. et Petruk, W., "Predictive metallurgy and bench flotation tests of massive sulphide ores from Tally Pond, Newfoundland"; Process Mineralogy VI 255–272; AIME.

McCorkell, R.H. et Silver, M., "Effect of compost and soil covers on radon emanation from uranium tailings"; CIM Bull 80:908:43–45; 1987.

Longworth, G., Townsend, M.G., Provencher, R. et Kodama, H., "Magnetic interaction in biotites and oxidized biotites"; Phys Chem. Minerals 15:71–77; 1987.

Petruk, W., "Predicting mineral liberations in ores and mill products and effect of mineral textures and grinding methods on mineral liberation"; Process Mineralogy VI, AIME; New York; 1987.

Provencher, R., Brett, M.E. et Townsend, M.G., "Super–conductivity and materials preparation in $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ "; Phys Status Solidi(a) 103:K107–K111; 1987.

Quon, D.H.H. et Bell, K.E., "Performance of magnesia–carbon bricks in vacuum at high temperature"; J. Can. Ceram. Soc. 56:39–44; 1987.

Townsend, M.G., Longworth, G., Ross, C.A.M. et Provencher, R., "Ferromagnetic or antiferromagnetic Fe III spin configurations in sheet silicates"; Phys Chem Minerals 15:64–79; 1987.

Wilson, L.J. et Mikhail, S.A., "Investigation of the oxidation of niccolite by thermal analysis"; Thermochimica Acta 112:197–213; 1987.

## Exposés

Ahmad, A., "The effect of processing parameters on the properties of modified lead titanate"; présenté à la Division de l'électronique et des sciences fondamentales, à la réunion annuelle de la Société canadienne de la céramique, Toronto; février 1988.

Ahmed, S.M., "In situ studies of the field dependent photoluminescence spectroscopy of n-GaAs semiconductor electrodes"; 70e conférence canadienne de la chimie, Institut de chimie du Canada; Sainte-Foy (Québec); juin 1987.

Ahmed, S.M., "Photoelectrochemical production of $H_2O_2$ on semiconductor electrodes"; 70e conférence canadienne de la chimie, Institut de chimie du Canada; Sainte-Foy (Québec); juin 1987.

Aota, J., "Fabrication of zirconia-toughened mullite ceramics (ZTM)"; présenté à la Division de l'électronique et des sciences fondamentales, à la réunion annuelle de la Société canadienne de la céramique, Toronto; février 1988.

Aota, J., "Corrosion resistance of Doloma bricks in contact with slags from secondary steelmaking"; présenté à la Division de l'argile et des réfractaires, à la réunion annuelle de la Société canadienne de la céramique, Toronto; février 1988.

Barkley, D.J., "Dynamic ion exchange chromatography for the determination of rare earths in steels, alloys and advanced materials"; ION EX 87, North East Wales Institute, Wales (Angleterre); avril 1987.

Canaday, J., "Measurements of the platinum/hydronium-nasicon system"; présenté à la Division de l'électronique et des sciences fondamentales, à la réunion annuelle de la Soiété canadienne de la céramique, Toronto; février 1988.

Carette, G.G., "Preliminary data on long-term strength development of condensed silica fume concrete"; International Workshop on Condensed Silica Fume in Concrete; Montréal (Québec); mai 1987.

Carette, G.G., "Superplasticized high-volume fly ash system to reduce temperature rise in mass concrete"; Eighth International Ash Utilization Symposium; Washington, D.C.; octobre 1987.

Cloutier, J.C., "A rapid fire-assay atomic-absorption method for the determination of platinum, palladium and gold in ores and concentrates: A modification of the tin-collection scheme"; 1987 Canadian-American Mineral Analysts Conference, Winnemucca (Nevada); novembre 1987.

Craigen, W.J.S., "A technical and economic evaluation of modernization alternatives for a Canadian copper smelter"; Copper 87, Vina Del Mar (Chili); décembre 1987.

Dutrizac, J.E., "The mineralogical characterization of anode slimes from the Kidd Creek copper refinery"; TMS Symposium on the Electrorefining and Winning of Copper, Denver (É.-U.); février 1987.

Dutrizac, J.E., "Iron precipitation and iron residue stabilization"; International Group of Zinc Producers, Odda (Norvège); septembre 1987.

Dutrizac; J.E., "An overview of iron precipitation in hydrometallurgy"; 17th Annual Hydrometallurgical Meeting, Saskatoon (Canada); octobre 1987.

Dutrizac, J.E., "A mineralogical comparison of the anode slimes from three Canadian copper refineries"; Copper 87, Vina del Mar (Chili); décembre 1987.

Kuriakose, A.K., "The effect of precursor raw materials on the tetragonal zirconia content of alumina–zirconia"; présenté à la Division de l'électronique et des sciences fondamentales, à la réunion annuelle de la Société canadienne de la céramique, Toronto, février 1988.

Kuriakose, A.K., "Developments in zirconia–toughened alumina"; présenté à la Division de l'électronique et des sciences fondamentales, à la réunion annuelle de la Société canadienne de la céramique, Toronto, février 1988.

Mathieu, G.I., "Mineralogy and intensive cleaning of Donkin–Morien coal"; COAL PREP 87 Conference, Lexington (Kentucky); avril 1987.

Mikhail, S.A., "Thermogravimetric method for the determination of major reaction products in fluidized–bed coal combustion processes"; 16th North American Thermal Analysis Society Conference, Washington, D.C.; septembre 1987.

McCready, R.G.L., "Transformation of soil minerals and mineral extraction processes"; Applied Environmental Microbiology, Carleton University; 10 février 1987.

McCready, R.G.L., "Acid generation in mine tailings, Colloque Environnement minier du Québec"; Val d'Or (Québec); 21 mai 1987.

McCready, R.G.L., "Current biotechnology research in the mining and petroleum sectors"; présenté sur invitation, Dept. of Chem. Eng., University of Saskatchewan; 19 juin 1987.

McCready, R.G.L., "Progress in the bacterial leaching of metals in Canada"; Int'l Symp. on Biohydrometallurgy, Warwick (R.–U.); 12 au 16 juillet 1987.

McCready, R.G.L. et Salley, J., "Application of biotechnology to recover metals from dilute solutions"; Ann. Conf. of Metallurgists, Winnipeg (Manitoba); 26 août 1987.

McCready, R.G.L., "Transformation of soil minerals and mineral extraction processes"; Applied Environmental Microbiology, Carleton University; 10 février 1987.

McCorkell, R.H., "Fission–track determination of sub–ppb concentrations of uranium in solutions"; 193rd National Meeting of the American Chemical Society, Denver (Colorado); avril 1987.

McCorkell, R.H., "Fission–track dating methods"; séminaire présenté au département des études classiques, Université d'Ottawa, Ottawa (Ontario); janvier 1988.

McCorkell, R.H., "Fission–track dating methods short course"; cours d'une journée présenté au département des études classiques, Université d'Ottawa, Ottawa (Ontario); février 1988.

Moon, K.S., "Desulphurization of high sulphur coal"; séminaire sur l'enrichissement du charbon, Institut coréen de l'énergie et des ressources, Daeduk (Corée); décembre 1987.

Moon, K.S., "Surface chemistry in materials science"; séminaire sur la chimie des surfaces, Université nationale de Séoul, Séoul (Corée); janvier 1988.

Moon, K.S., "Physical desulphurization of coal"; Seminar on Coal Desulphurization, University of California, Berkeley (Californie); janvier 1988.

Moon, K.S. et Sirois, L.L., "Theory and industrial application of column flotation in Canada"; International Symposium on Column Flotation, Phoenix (Arizona); janvier 1988.

Smith, C.W., "Study of the state of nickel and arsenic in uranium mill tailings"; International Symposium on Crystallization and Precipitation, Saskatoon (Sask.); octobre 1987.

Smith, C.W., "Canadian compositional reference materials for uranium and thorium decay series isotopes"; Annual Conference on Bioassay, Analytical and Environmental Radiochemistry, Berkeley (Californie); octobre 1987.

Tan, K.G., "Modernized hydrometallurgical process development techniques"; TMS Fall Meeting, Palm Springs (É.-U.); décembre 1987.

Tan, K.G., "Copper refinery anode slimes processing"; Magma Copper Co., San Manuel (É.-U.); décembre 1987.

Townsend, M.G., "Superconductivity in $YBa_2Cu_3O_{6+x}$"; International Conference on Amorphous Materials, Malaga (Espagne); mai 1987.

Wheat, T.A., "Hydrogen electrolysis at 300 K using a nasicon solid proton conductor"; présenté à la Sixth International Meeting on Solid State Ionics, Garmish-Partenkirschen; septembre 1987.

## Rapports de CANMET (CM)

CM 86-8E 30.29.01
Canaday, J.D., Kuriakose, A.K., Ahmad, A. et Wheat, T.A., "An electrochemical analysis of solid electrolyte/electrode systems"; août 1986.

CM 86-9E 50.62.01
Hamer, C.A., "Evaluation of $SO_2$ sorbent utilization in fluidized beds"; décembre 1986.

CM 86-10E 30.37.01
Malhotra, V.M., "Mechanical properties and freezing and thawing durability of concrete incorporating a ground granulated blast-furnace slag"; février 1987.

CM 87-1E 30.13.05
Petruk, W. "The MP-SEM-IPS image analysis system"; juin 1986.

## Rapports spéciaux (SP)

SP 86-2 30.45.01
Beaudette, L.A. et McCready, R.G.L., "Biotechnology bibliographies/bibliographies de la biotechnologie".

SP 86-8E 30.69.03
Malhotra, V.M., "Supplementary cementing materials for concrete".

SP 86-9E 30.45.03
McCready, R.G.L., "Proceedings of the 3rd annual meeting of BIOMINET".

SP 87-4E 30.13.01
Laguitton, D., "Proceedings of the CANMET symposium on expert systems in the mineral industry, Ottawa, Ontario".

## Programme national de recherche sur les résidus d'uranium (PNRRU)

PNRRU 85-2 (TR)
Gilbert, M., "Revue de la documentation technique sur certaines voies aquatiques que peuvent prendre les radionucléides issus des résidus de mines d'uranium"; juin 1986.

## Rapports de division

### Rapports de recherche (IR)

MSL 86-156 (IR) 30.29.01
Canaday, J.D., Kuriakose, A.K., Wheat, T.A. et Ahmad, A., "Electrochemical cell electrode materials and performance"; décembre 1986.

MSL 87-20 (IR) 30.21.02
Andrews, P.R.A., "Beneficiation of two samples of zeolite"; février 1987.

MSL 87-23 (IR) 30.13.02
Leung, J. et Cameron, W., "Investigation to improve the dewatering of the thickeners in QCM iron ore plant"; janvier 1987.

MSL 87-29 (IR) 30.13.02
Stefanski, M.J., "Dewatering and self dewatering of concentrates: Parts A and B"; février 1987.

MSL 87-32 (IR) 30.86.02
Jambor, J.L., "Mineralogical and chemical investigation of cores from piezometric sites in Waite Amulet Tailings, Noranda, Quebec"; février 1987.

MSL 87–40 (IR) 30.29.01
Kuriakose, A.K., Ahmad, A., Canaday, J.D. et Wheat, T.A., "The effect of composition on the properties of hydronium zirpsios"; mars 1987.

MSL 87–47 (IR) 30.79.01
Mathieu, G.I., "Mineralogy and deep–cleaning of Canadian high sulphur coals – Report No. 2 – Donkin–Morien seam"; février 1987.

MSL 87–49 (IR) 30.77.01
Jambor, J.L. et Owens, D.R., "Mineralogical examination of treated zinc oxide fume leach residues"; avril 1987.

MSL 87–63 (IR) 30.21.02
Andrews, P.R.A., "Preliminary assessment of Wollastonite from Marble Mountain area, Nova Scotia"; avril 1987.

MSL 87–69 (IR) 30.13.02
Quon, D.H.H. et Kuriakose, A.K., "Cold bonding process for making iron ore pellets – I"; février 1987.

MSL 87–71 (IR) 30.13.06
Cristovici, M.A. et McCarthy, D.R., "Investigation to remove the sulphides from Kidd Creek mill tailing prior to cassiterite flotation – progress report"; avril 1987.

MSL 87–74 (IR) 30.21.02
Andrews, P.R.A. et Morin, L., "Further flotation beneficiation studies on a sample of kaolin from Black Island, Manitoba"; mai 1987.

MSL 87–79 (IR) 30.13.02
Stefanski, M.J., "Dewatering and self dewatering of concentrates: Part C – Literature Review"; mai 1987.

MSL 87–92 (IR) 50.62.03
Hamer, C.A., Liang, D.T. et Kearns, J.B., "Combustion trials with syncrude coke and minto coal in the Mineral Sciences Laboratories circulating fluidized bed combustor: sulphur and metals capture and metallic corrosion"; juillet 1987.

MSL 87–97 (IR) 30.86.02
Jambor, J.L., "Character and depth of oxidation of the reactive acid tailings at the Waite Amulet Minesite, Noranda, Quebec"; juillet 1987.

MSL 87–102 (IR) 30.13.02
Kuriakose, A.K. et Quon, D.H.H., "Pelletizing of iron ore by partial or full substitution of bentonite by organic binders"; juillet 1987.

MSL 87–106 (IR) 30.29.01
Canaday, J.D., Wheat, T.A., Haley, M.P. et Joyce, I.H., "Electrodes for solid electrolytes – electrode morphology"; août 1987.

MSL 87–117 (IR) 20.79.01
Moon, K.S. et Sirois, L.L., "The improvements in peak resolution and in reproducibility of spectrochronograms of different sulphur forms in coals by addition of silica ($SiO_2$) powder to coal sample"; août 1987.

MSL 87-120 (IR) 30.21.02
Andrews, P.R.A. et Rouleau, J.P., "Optimisation of grinding and flotation parameters; pilot-plant treatment of Québec talc ore"; septembre 1987.

MSL 87-121 (IR) 30.21.02
Andrews, P.R.A., "Separation of garnet and sillimanite from an anthophyllite gneiss, obtained from the Star Lake - Elken Lake area, Manitoba"; septembre 1987.

MSL 87-138 (IR) 30.21.02
Collings, R.K., Lavallée, M. et Szabo, E.I., "Sandstone reduction by attritor grinder; product evaluation as foundry moulding sand"; octobre 1987.

MSL 87-150 (IR) 30.13.02
Quon, D.H.H. et Kuriakose, A.K., "Iron ore pellets requiring no induration"; novembre 1987.

MSL 87-151 (IR) 30.29.01
Kuriakose, A.K., Wheat, T.A., Quon, D.H.H. et Ahmad, A., "The preparation and properties of zirconia-toughened alumina"; janvier 1988.

MSL 87-152 (IR) 30.29.05
Wang, S.S.B., Quon, D.H.H. et Aota, J., "Degradation of magnesia-carbon bricks in argon atmosphere at high temperature"; décembre 1987.

MSL 87-154 (IR) 30.21.02
Andrews, P.R.A. et Kelly, W., "Benefeciation of staurolite from Barrie Township, South Eastern Ontario"; novembre 1987.

MSL 87-155 (IR) 30.29.01
Aota, J., Kuriakose, A.K., Wheat, T.A., Quon, D.H.H. et Wang, S.S.B., "Zirconia-toughened mullite ceramics (ZTM)"; janvier 1988.

MSL 87-156 (IR) 20.79.01
Moon, K.S., "Procedure for deconvolution of the second peak for organic sulphur 2 ($SO_2$) and pyritic sulphur ($Sp_2$) in infrared $SO_x$ spectrochronogram of coals"; décembre 1987.

MSL 87-163 (IR) 30.69.02
Leaver, M.E. et Smith, C.W., "Determination of total iron - coulometric method: Summary of preliminary results"; décembre 1987.

MSL 88-9 (IR) 30.29.01
Wang, S.S.B., Quon, D.H.H., Torrie, G. et Wheat, T.A., "Hydrothermally synthesized zirconia powder - A preliminary study"; janvier 1988.

**Rapports techniques, notes de service techniques, rapports d'étape, rapports d'information (TR)**

MSL 87-38 (TR) 30.69.02
Barkley, D., "Nitrate and sulphate determinations in uranium process solutions by ion chromatography"; février 1987.

MSL 87-44 (TR) 30.29.01
Wheat, T.A., "Ceramics in MSL: Challenges and opportunities"; mars 1987.

MSL 87-45 (TR) 38.69.02
Barkley, D., "Ammonia determination in uranium process solutions"; mars 1987.

MSL 87-48 (TR) 30.13.03
Wang, S.S.B., "A study of the operation of a Jones P40 wet high intensity magnetic separator"; avril 1987.

MSL 87-61 (TR) 30.13.03
Andrews, P.R.A., Lamothe, J.M. et Joe, R.D., "Instructions for the use of a sedigraph 5000ET particle size analyser, with an Apple IIe computer"; avril 1987.

MSL 87-66 (TR) 30.77.01
Prud'homme, P.J.A., Pouskouleli, G. et Demopoulos, G.P., "Solvent extraction removal of Fe(III) from industrial acidic solutions"; avril 1987.

MSL 87-75 (TR) 30.77.01
Chen, T.T. et Dutrizac, J.E., "Mineralogical characterization of two alunite and two natrojarosite samples"; mai 1987.

MSL 87-81 (TR) 30.69.02
Sutarno, R., "Canadian delegation report on ISO/TC 69/SC 6/WG 1 and WG 4 meetings held in London, UK 1987-05-18/21"; juin 1987.

MSL 87-85 (TR)
"Mineral Sciences Laboratories Annual Report 1986/87"; avril 1987.

MSL 87-91 (TR) 30.21.02
Lamothe, J.-M., "Sizing study - Laboratory Raymond air classifier"; juillet 1987.

MSL 87-128 (TR) 30.69.02
Sutarno, R., "ISO/TC 69 Canadian delegation report on ISO/TC 69/SC 6, WG 1 and WG 4 meetings held in Atlanta, Ga., U.S.A. 1987-09-14/18"; septembre 1987.

MSL 87-153 (TR) 30.21.02
Wang, S.S.B. et Prud'homme, P.J.H., "Recommissioning of bentonite test equipment"; décembre 1987.

MSL 87-157 (TR) 30.52.02
Bell, D.H., "The CANMET ferric chloride leach process"; décembre 1987.

MSL 87-159 (TR) 30.29.01
Hanson, A.J., "Dilatometric behaviour of a cold-bonded ceramic"; novembre 1987.

MSL 87-165 (TR) 30.52.05
MacKinnon, D.J. et Morrison, R.M., "The electrowinning of copper arsenide"; décembre 1987.

MSL 88-10 (TR) 30.69.02
Sutarno, R. et Dalton, J.L., "Use of statistical techniques in chemical analysis and process control"; janvier 1988.

**Études documentaires (LS)**

MRP/MSL 86-60 (LS) 30.37.02
Sivasunderam, V. et Malhotra, V.M., "Compilation of abstracts of papers from recent international conferences and symposia on fly ash in concrete"; mai 1986.

MRP/MSL 87-25 (LS) 30.52.05
Morrison, R.M. et MacKinnon, D.J., "Literature survey on the electrodeposition of copper-arsenic alloys"; février 1987.

MSL 87-53 (LS) 30.13.03
Lumb, D.C., "CANMET annual bibliography of crushing and grinding - 1983"; avril 1987.

MSL 87-67 (LS) 30.13.03
Lumb, D.C., "CANMET annual bibliography of crushing and grinding - 1984"; avril 1987.

MSL 87-115 (LS) 30.13.03
Lumb, D.C., "CANMET annual bibliography of crushing and grinding - 1985"; avril 1987.

MSL 87-116 (LS) 30.13.03
Lumb, D.C., "CANMET annual bibliography of crushing and grinding - 1986"; avril 1987.

**Brevets et demandes de brevet**

Kirchnerova, J., Skeaff, J.M. et Bale, C.W., "A solid state arsenic probe for use in pyrometallurgical processes"; demande de brevet américain n° 052 027.

Mikhail, S.A., "Assembly for concurrent thermogravimetry and differential thermal analysis"; demande de brevet canadien n° 1 226 455; 8 septembre 1987.

Moon, K.S. et Sirois, L.L., "Methods and apparatus for analyzing different sulphur forms"; demande de brevet canadien n° 551 292; 6 novembre 1987.

Moon, K.S. et Sirois, L.L., "Methods for analyzing different sulphur forms"; demande de brevet CIP américain n° 119 915; 13 novembre 1987.

Tan, K.G., Bédard, P.L. et Weatherell, C.J., "Selective ammoniacal pressure leaching process; demande de brevet canadien n° 5556372; 12 janvier 1988.

## PARTIE E. ÉCHANGES DE TECHNOLOGIE

### LISTE PARTIELLE DE SOCIÉTÉS, D'ORGANISMES GOUVERNEMENTAUX, D'UNIVERSITÉS ET D'ORGANISMES DE RECHERCHE AVEC QUI LES LABORATOIRES DES SCIENCES MINÉRALES ONT EU DES RAPPORTS AU COURS DE L'A-F 1987-1988

### ADMINISTRATIONS GOUVERNEMENTALES

**A**

Agriculture Canada

Alberta Research Council

Institut de recherche sur l'amiante, URSS

Atomic Energy Commission, É.-U.

Commission de contrôle de l'énergie atomique

Énergie atomique du Canada limitée

**B**

Institut de recherche en biotechnologie (CNRC)

Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), France

Ministère du Développement économique, C.-B.

Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières, C.-B.

B.C. Task Force on Acid Mines Drainage

**C**

Compagnie de chemins de fer nationaux du Canada

Société de développement du Cap-Breton (SDCB)

**C (suite)**

Centro de Technologgia Mineral (CETEM), Brésil

Centre de Recherches minérales (Québec)

CERAM-Société nationale de l'amiante (SNA) Inc.

Commissariat à l'Énergie Atomique, France

Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australie

Coordonnateur, Transfert de technologie Canada-Allemagne de l'Ouest

Division des douanes et de l'accise de Revenu Canada

**D**

Division du contrôle des exportations, Ministère des Affaires extérieures

Ministère de l'Expansion industrielle régionale (MEIR)

**E**

Les Ressources Eldorado Limitée

Ambassade de Finlande

Empressa Columbiana de Minas, Bogata

**E (suite)**

Environnement Canada

Société de mise en valeur des ressources minérales, Éthiopie

Affaires extérieures Canada

**F**

Institut fédéral de géoscience, République Fédérale d'Allemagne

**G**

Commission géologique du Canada (EMR)

**H**

Santé et Bien-être social Canada

**I**

Institut de Recherche en Santé et Sécurité du Travail du Québec (IRSST)

Institute Para el Desarrollo y la Investigation de Los Materiales de Construcctions, Cuba

Organisation internationale de normalisation

**J**

Institut de recherches industrielles, gouvernement du Japon

**K**

Institut de l'Énergie, Corée

Institut des sciences et de la technologie, Corée

**M**

Ministère de l'Énergie et des Mines du Manitoba

Conseil canadien de l'industrie minière sur la technologie

**M (suite)**

Ministère des matériaux de construction, Moscou

Ministère de la Défense, Argentine

Ministère du commerce international et de l'industrie, Japon

Ministère d'État chargé des Sciences et de la Technologie

**N**

Établissement aéronautique national (ÉAN)

Conseil national de recherches Canada

Conseil national de recherches Canada – Programme d'aide à la recherche industrielle

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Ministère des Ressources naturelles, Nouveau-Brunswick

Ministère des Mines et de l'Énergie, Terre-Neuve

Député, D. Nickerson, Grand Nord

**O**

Commission géologique de l'Ontario

Ontario Hydro

Ministère du Développement du Nord et des Mines, Ontario

Fondation de recherches de l'Ontario

**P**

Cabinet du Premier ministre

Travaux publics Canada

**R**

Radio Canada

Groupe de travail technique sur les résidus acides réactifs

Monnaie Royale canadienne

S

Conseil des Sciences du Canada

Société d'Aménagement de l'Outaouais

Conseil canadien des normes

T

Transports Canada

W

Institut Weizman, Israël

## UNIVERSITÉS ET AUTRES ORGANISMES

A

Groupe de travail sur les matériaux industriels avancés

American Ceramic Society

American Concrete Institute

Asbestos Institute

C

Institut canadien des mines et de la métallurgie

Minéralogistes canadiens

Association pour la recherche dans l'industrie sidérurgique canadienne

Canadian Uranium Producers Metallurgical Committee

Canadian Uranium Producers Metallurgical Committee (Analytical Subcommittee)

Société de développement du Cap-Breton

Carleton University

Cement and Concrete Association of Australia

Cement and Concrete Institute

Chalmers University of Technology

Collège de la Région de l'Amiante

D

Dalhousie University

E

École Polytechnique

I

Idaho National Energy Laboratory

Institut de génie des matériaux

Institut de l'amiante

Agence internationale de l'énergie atomique

Agence internationale de l'énergie

Groupe de travail technique sur les minerais de fer

L

Lab nacional de Engenharia E Technologgia Industri, Brésil

Université Laurentienne

Université Laval

M

Université McGill

L'Association minière du Canada

N

Commission d'énergie électrique du Nouveau-Brunswick

Conseil de la recherche et de la productivité du Nouveau-Brunswick

O

Fondation de recherches de l'Ontario

Conseil scolaire d'Ottawa

P

Association des fabricants de ciment Portland

Q

L'Association des mines de métaux du Québec

S

Saskatchewan Research Council

T

Technical University of Nova Scotia

U

Université du Québec

University of Antwerp

University de la Colombie-Britannique

Université de Calgary

Université de Cuzco, Pérou

Université du Manitoba

Université du Nouveau-Brunswick

Université d'Ottawa

Université Queen's

Université de Sherbrooke

University of Texas

Université de Toronto

Université de Waterloo

Université Western Ontario

## INDUSTRIE

A

Acres Limited

Advanced Industrial Materials Working Group

Advanced Materials Engineering Centre Corporation (AMEC)

Agra Industries Limited

Alberta Opportunity Company

Alcan International limitée

Algoma Steel Corporation

Almax Industries Limited

A (suite)

Aries Image Analysis Systems

Atlantic Consulting Economics Limited

Atlas Construction Company

Auburn Equipment Contractors Incorporated

A.C.A. Howe International

B

Bacon-Donaldson

Bay Mills Limited

Bechtel of Canada Limited

**B (suite)**

Bertrand et Frère Construction

BM Hi-Tech

BNR-Northern Telecom

Bondar-Clegg Limited

Boston Bay Resources

BP Research Centre

Bruni Water Works Inc., Texas

Brunswick Mining and Smelting

B.P. Selco

**C**

Canada Brick

Ciments Lafarge Canada ltée

Canada Tungsten Mining Corporation Limited

Canadian Electrolytic Zinc

Canadian Gold Centrifuge

Canadian Industries Limited (CIL)

Canadian Lencourt Mines

Air Liquide Canada ltée

Association canadienne du ciment Portland

Société canadienne de génie civil

Canadian Steel Foundry

Canamax Resources Incorporated

Canberra Packard Canada

Caribou New Brunswick Mining Limited

Central Canada Potash

Centre de recherches Noranda

**C (suite)**

Centre du Québec de la Valorisation de la Biomasse

Ceramics Kingston Incorporated

Chemtech, New York

Chevron Research Company

Société de l'industrie de métaux non ferreux de Chine

Chromasco

Comdale Technologies Incorporated

Cominco limitée

Concord Scientific Corporation

Coopers Lybrand

Curragh Resources

C. Farman, expert-conseil

**D**

Day and Associates

Delcan Canada Limited

Deloitte, Haskins and Sells

Denison Mines Limited

Denison Potocan Potash Company

DIPIX Systems Limited

Dome Mines

Domtar

Dupont Canada

Durand-Raute Industries Limited

Durham Mines Limited

D. Kuntze, expert-conseil

E

Echo Bay Mines Limited

Eggerding d'Amsterdam

Eldor Mines Limited

Electrowatt Engineering Services Limited

ENGENICS Limited

Enterprise of Rare Metals, Roumanie

Envirosphere Consultants

Erco Industries Limited

Esso Resources

Exothermic Company Limited

Exploration Rambo Incorporated

F

Falconbridge Mines

Fenco Lavalin

F.C. Hume and Company

G

Galactic Resources Limited

General Communication

Geochemical Corporation

Geocon Limited

Geotechencia Y Cimientious

Giant Yellowknife Mines Limited

Globe and Mail

Gordex Minerals

Groupe Minier Morisco

Groupe-Conseil Roche limitée

H

Handy Chemicals

Hanna Mining Company

Hatch and Associates

Hawker-Siddley (Orenda Division)

Heath Steele

Hollister Geological Consultants Limited

Hudson Bay Mining and Smelting Company Limited (HBMS)

I

Industrial Minerals Study Group

Intercom Consultants International Nickel Company of Canada Limited

Iron Ore Company of Canada (IOC)

IVACO Rolling Mills

J

Jacques Whitford Associates

J.M. Asbestos Incorporated

K

Kalium Chemicals

Kentucky Energy Cabinet Laboratory

Key Lake Mining Corporation

Kidd Creek Mines Limited

Kilborn Engineering

Klondike Placer Miner Association

Kratos Analytical Instruments

L

LAB Chrysotile

Laboratoire de Béton limitée

**L (suite)**

Lakefield Research of Canada Limited

Lawrason Chemicals

Louvicourt Mining Management Company

**M**

Madeleine Mines Limited

Maghemite

Master Builders

Metallurgy and Associated Industries

Mitchum Explorations

Mobil Oil

MYCO (New York)

**N**

National Silicates

Neptune Resources Group

Newmount Exploration

Noranda Incorporated

Centre de Recherches Noranda

Norbec Mill

Northern Telecom

Northgate Mines Incorporated

Nova Corporation

**O**

Omal Laboratories Limited

Opportunities Limited

Orocon Incorporated

Outokumpu Corporation

**O (suite)**

O'Mac Assay Laboratories, Irlande

**P**

Pancontinental Mining Limited, Australie

Penalta Management Association Incorporated

Phillips Barratt Kaiser

Placer–Dome Research

Platinum Lake Resources Incorporated

Pollutech Incorporated

Pollution Control and Industrial Hygiene

Potash Corporation of Saskatchewan

Pylon Electronic Development Company Limited

**Q**

QIT–Fer et Titane, Incorporé

Québec Cartier Mining

L'Association des Mines de Métaux du Québec

Queenstake Resources Limited

**R**

Ramsey REC Limited

Reiss Lime Company of Canada Limited

Relmech Manufacturing Limited

Resources Robex

Rio Algon Limited

Rohm and Haas Company

R. Siscoe, Mineral Processing Consultant

R. Swider, expert–conseil

**S**

Schwartzwalder Mines

Selbaie Mines

S (suite)

Selkirk Silica Limited

Serrener Consultation Incorporated

Sherritt Gordon

Sidbec–Dosco

Slater Steels Corporation

Steep Rock Resources Incorporated

Steetley Talc

Stelco Incorporated

Stellarton

Stewart Lake Iron Mines of Ontario Limited

Ste. Foy Consultants

Strathcona Mineral Services Group

St. Lawrence Cement Company

St. Mary's Cement

Sullivan Mines Incorporated

Suzorite Mica Resources

T

Techma Limited, New York

The Gorsline Company, É.–U.

Timminco Metals

Trans Canada Pipelines Limited

Trojan Technologies Incorporated

Trow Limited

U

Umex Incorporated

Uniquartz Limited

United Engineers and Contractors

Utah Mines Limited

V

V.F. Hollister, expert–conseil

W

Witteck Development

## PARTIE F. PERSONNEL PROFESSIONNEL, TECHNIQUE ET ADMINISTRATIF

| NOM | DIPLÔMES | CATÉGORIE PROFESSIONNELLE |
|---|---|---|
| Sirois, L.L. | B.A., B. en ingénierie (McGill); Ingénieur | Directeur, LSM |
| Craigen, W.J.S. | B.Sc. (Queen's) | Sc. phys. |
| **ADMINISTRATION** | | |
| Alexander, G. | | Technologue |
| Bart, J.A. | | Soutien admin. |
| Bisson, S. | | Soutien admin. |
| Carbonetti, S. | | Soutien admin. |
| Deans, D. | | Soutien admin. |
| Desrochers, L.R. | | Soutien admin. |
| Emmerson, M. | | Soutien admin. |
| Groulx, P. | | Soutien admin. |
| Joly, A. | | Soutien admin. |
| Lamb, K.A. | | Soutien admin. |
| Lavallée, L. | | Soutien admin. |
| Lord, S. | | Soutien admin. |
| MacLeod, J.D. | | Illustration scientifique |
| Mathurin, D. | | Soutien admin. |
| Palmer, M. | | Soutien admin. |
| Richer, P. | | Technologue |
| Rochon, J.P. | | Agent d'administration |
| Villeneuve, J. | | Soutien admin. |
| **LABORATOIRE DE CHIMIE** | | |
| Steger, H.F. | B.Sc., Ph.D. (McMaster) | Gestionnaire |

| NOM | DIPLÔMES | CATÉGORIE PROFESSIONNELLE |
|---|---|---|
| Guest, R.J. | B.Sc. (Acadia) | Gestionnaire adj. |
| Atkinson, J.E. | B.A. (Queen's) | Chimiste |
| Barkley, D.J. | B.Sc. (Carleton) | Chimiste |
| Carson, D.W. | | Technologue |
| Charbonneau, R. | | Technologue |
| Chénier, M. | | Technologue |
| Churchill, T.R. | B.Sc. (Western Ontario) | Chimiste |
| Cloutier, J.C. | | Technologue |
| Craig, R.R. | B.Sc. (Glasgow) | Chimiste |
| Cyfracki, E. | | Technologue |
| Dalton, J.L. | B.Sc. (Manitoba); M.Ing. (Carleton); C. Chem. | Chimiste |
| Desgagné, M. | B.Sc. (Laval) | Chimiste |
| Desjardins, L. | | Technologue |
| Donaldson, E.M. | B.Sc. (Manitoba) | Chercheur sci. |
| Fortin, R.A. | | Technologue |
| Graham, J.A. | B.Sc. (Carleton) | Chimiste |
| Guibord, M.P. | | Soutien admin. |
| Guillas, R.J. | | Technologue |
| Hole, J.C. | B.A. (Toronto) | Chimiste |
| Horton, R.E. | B.Sc. (Carleton) | Chimiste |
| Hunt, G.A. | B.Sc. (Carleton) | Chimiste |
| Josling, C.A. | | Technologue |
| Lalande, J.L. | | Soutien de labo. |
| Lalonde, C.R. | | Technologue |
| Lalonde, R.C. | B.Sc. (Carleton) | Chimiste |
| Leaver, M.E. | B.Sc. (Queen's) | Chimiste |

| NOM | DIPLÔMES | CATÉGORIE PROFESSIONNELLE |
|---|---|---|
| MacEachern, E.H. | B.Sc. (Mount Allison) | Chimiste |
| McIntosh, D.G. | | Soutien techn. |
| McCorkell, R.H. | M.Sc., Ph.D. (Manitoba) | Chimiste |
| McCulloch, L. | | Technologue |
| Moloughney, P. | | Technologue |
| Nelson, G.L. | | Technologue |
| Palombo, D.P. | | Technologue |
| Provencher, R. | B.Sc., M.Sc., Ph.D. (Sherbrooke) | Chercheur sci. |
| Pugliese, R.J. | | Technologue |
| Richardson, G. | | Technologue |
| Sawchyn, M.N. | | Technologue |
| Sheldrick, D. | | Technologue |
| Smith, C.W. | M.Sc., Ph.D. (Queen's) | Chercheur sci. |
| Townsend, M.G. | B.Sc., Ph.D. (Southhampton) | Chercheur sci. |
| Tremblay, R.J.J. | | Technologue |
| Varette, D.M. | | Soutien admin. |
| Westra, P. | | Soutien techn. |
| Wittwer, J.W. | B.Sc. (Carleton) | Chimiste |

**LABORATOIRE DE MÉTALLURGIE EXTRACTIVE**

| | | |
|---|---|---|
| Campbell, M.C. | B.Sc. (St. Francis Xavier) B.Ing. (N.S.T.C.), D.I.C., M.Sc. (Londres); Ing. | Gestionnaire |
| Ahmed, S.M. | B.Sc., M.Sc., Ph.D. (Saskatchewan) | Chercheur sci. |
| Bédard, P.L. | | Technologue |
| Bell, D.H. | B.Sc. (Toronto); Ph.D. (Londres); D.I.C. (Imperial College) | Sc. phys. |

| NOM | DIPLÔMES | CATÉGORIE PROFESSIONNELLE |
|---|---|---|
| Bowman, W.S. | B.Sc. (Carleton) | Technologue |
| Brannen, J.M. | | Technologue |
| Carter, L.E. | | Technologue |
| Chalykoff, C. | B.Sc. (Carleton) | Technologue |
| Davidson, G.R. | B.Sc. (Carleton) | Technologue |
| Deschênes, G. | B.Sc., M.Sc. (Laval) | Sc. phys. |
| Dinardo, O. | B.Sc. (Carleton) | Sc. phys. |
| Dutrizac, J.E. | M.Sc.A., Ph.D. (Toronto) | Chercheur sci. |
| Gould, W.D. | B.Sc. (Manitoba); M.Sc. Ph.D. (Alberta) | Chercheur sci. |
| Griffith, W.F. | | Technologue |
| Hamer, C. | B.E. (N.S.T.C.), M.Sc. (Queen's); Ing. | Chercheur sci. |
| Haque, K.E. | M.Sc., Ph.D. (Ottawa) | Chercheur sci. |
| Hardy, D.J. | | Technologue |
| Jasmin, D. | | Soutien admin. |
| Joly, M. | | Soutien techn. |
| Karwowska, R. | M.Sc., Ph.D. (Varsovie) | Technologue |
| Kearns, J.B. | | Technologue |
| La Forest, D. | | Technologue |
| Laliberté, J.J. | | Technologue |
| Liang, D. | B.Sc., M.Sc. (Queen's) | Ingénieur |
| Lucas, B.H. | B.Sc. (Queen's); Ing. | Chercheur sci. |
| Mackinnon, D.J. | B.Sc., M.A.; Ph.D. (Ottawa) | Chercheur sci. |
| McCready, R.G.L. | B.Sc., M.Sc. (Alberta); Ph.D. (Calgary) | Chercheur sci. |
| McNamara, V.M. | B.Sc., B.Ing., M.Sc.A. (Toronto); Ing. | Chercheur sci. |

| NOM | DIPLÔMES | CATÉGORIE PROFESSIONNELLE |
|---|---|---|
| Mikhail, S.A. | B.Sc., Ph.D. (Caire); Dr.Ing. (Norvège) | Chercheur sci. |
| Molnar, R. | B.Ing. (McGill); Ph.D. (Univ. of London); D.I.C. | Chercheur sci. |
| Morrison, R.M. | B.Sc., Ph.D. (UBC) | Chercheur sci. |
| Paquette, L.A. | | Soutien admin. |
| Pilgrim, R.F. | B.Sc. (Queen's) | Chercheur sci. |
| Pouskouleli, G. | B.Sc. (Aristotelian Univ., Grèce); M.Sc. (Université de Montréal); Ph.D. (Univ. McGill) | Chercheur sci. |
| Prud'homme, P.J.A. | | Technologue |
| Rajan, S. | | Technologue |
| Ritcey, G.M. | B.Sc. (Dalhousie) | Chercheur sci. |
| Rolko, V.H.E. | B.Sc. (Manitoba) | Chimiste |
| Roxburgh, N.B. | | Technologue |
| Salley, J. | B.Sc. (Ottawa) | Sc. phys. |
| Sanmugasunderam, V. | B.Sc. (Univ. de Ceylan); M.Sc. (Univ. of Wales); Ph.D. (UBC) | Chercheur sci. |
| Shimano, D.Y. | B.Sc. (Concordia) | Sc. phys. |
| Skeaff, J.M. | B.Sc., M.Sc., Ph.D. (Toronto) | Chercheur sci. |
| Sunstrum, J. | | Soutien admin. |
| Sutarno, R. | B.E., M.E., Ph.D. (N.S.T.C.); Ing. | Chercheur sci. |
| Tan, K.G. | M.Sc.Chim. (Univ. d'Aachem, Allemagne); Ph.D. (Carleton) | Chercheur sci. |
| Taylor, J.B. | | Technologue |
| Tremblay, G. | B.Ing. (Civil) (Carleton) | Sc. phys. |
| Turcotte, A.M. | | Technologue |
| Wallingford, G. | | Technologue |

| NOM | DIPLÔMES | CATÉGORIE PROFESSIONNELLE |
|---|---|---|
| Weatherell, C. | B.Sc. (Waterloo) | Chimiste |
| Webster, A.H. | B.A., M.A., Ph.D. (UBC) | Chercheur sci. |
| Wong, E.W. | | Technologue |
| Wilson, L.J. | B.Sc. (McMaster) | Sc. phys. |

**LABORATOIRE DE TRAITEMENT DES MINÉRAUX**

| | | |
|---|---|---|
| Campbell, F.R. | Ing. (St. Francis Xavier); B.Ing. (N.S.T.C.); Ph.D. (Londres); D.I.C. (Imperial College) | Gestionnaire |
| Aota, J. | M.Sc. (UBC) | Chercheur sci. |
| Ahmad, A. | B.Sc., M.Sc., Ph.D. (Nouveau-Brunswick) | Chercheur sci. |
| Andrews, P.R.A. | B.Sc. (Londres); M.Ing. (Melbourne) | Chercheur sci. |
| Beaulne, J.M. | | Technologue |
| Besso, K.M. | B.Sc. (Montréal) | Sc. phys. |
| Bilodeau, A. | B.Sc. (Laval) | Ingénieur |
| Bilodeau, M. | B.Sc. (Laval) | Sc. phys. |
| Boisclair, M. | | Technologue |
| Brearley, G.D. | | Technologue |
| Cabri, L.J. | B.Sc., M.Sc., Ph.D. (McGill) | Chercheur sci. |
| Cameron, W.H. | B.Sc. (Queen's) | Sc. phys. |
| Campbell, R.B. | | Technologue |
| Canaday, J.D. | M.B.A (Univ. of Arizona); B.Sc. (Univ. of Oklahoma); M.Sc. (Univ. of Calgary); M.Sc., Ph.D. (Univ. of Guelph) | Chercheur sci. |
| Carette, G.G. | B.Sc. (Laval) | Ing. |
| Carrière, P. | | Technologue |

| NOM | DIPLÔMES | CATÉGORIE PROFESSIONNELLE |
|---|---|---|
| Chen, T.T. | B.Sc., M.Sc., Ph.D. (Cornell) | Chercheur sci. |
| Chevrier, R. | | Technologue |
| Childe, C.H. | B.Sc. (McGill) | Technologue |
| Chow, M. | | Soutien admin. |
| Cienski, T. | B.A. (Pologne) | Sc. phys. |
| Cimon, D. | B.Sc., M.Sc. (Laval) | Sc. phys. |
| Collings, R.K | B.Ing. (N.S.T.C.); Ing. | Chercheur sci. |
| Cristovici, M. | B.Génie minier et métallurgique (Bucarest); Ing. | Chercheur sci. |
| Douglas, E. | B.Sc. (Génie chimique) (Argentine); Ph.D. (McGill) | Chercheur sci. |
| Doyle, D.M. | B.Sc. Ing. des mines (Michigan Technical Univ.) | Sc. phys. |
| Feasby, D.G. | B.Sc., M.Sc. (Queen's) | Sc. phys. |
| Hanson, A.J. | | Technologue |
| Hinsperger, C.J. | | Soutien techn. |
| Hughson, M.R. | B.A. (Western Ontario) | Sc. phys. |
| Jambor, J.L. | B.A., M.Sc., Ph.D. (Carleton) | Chercheur sci. |
| Joly, T. | | Soutien admin. |
| Kelly, W.M. | | Technologue |
| Kuriakose, A.K. | B.Sc., M.A., Ph.D. (Madras, Inde) | Chercheur sci. |
| Lacelle, L. | | Soutien techn. |
| Laflamme, J.H. | | Technologue |
| Laguitton, D. | Ing. chim. (Rennes); D.Sc. (Laval) | Chercheur sci. |
| Lamothe, J.M. | B. Génie minier (École Polytechnique, Montréal) | Ingénieur |

| NOM | DIPLÔMES | CATÉGORIE PROFESSIONNELLE |
|---|---|---|
| Lavallée, M. | B. Génie minier (McGill) | Sc. phys. |
| Legault, C. | | Soutien admin. |
| Leigh, G. | | Technologue |
| Lemieux, G. | | Technologue |
| Leung, J.H.C. | B.Sc. (Taiwan); M.Sc. (Waterloo) | Sc. phys. |
| Loucks, N.D. | | Soutien admin. |
| Mainwaring, P.R. | B.Sc. (UWO); Ph.D. (Toronto) | Chercheur sci. |
| Malhotra, V.M. | B.Sc., B.E. (Australie de l'Ouest) | Chercheur sci. |
| Mathieu, G.I. | B.A., B.Sc. (Laval) | Chercheur sci. |
| McDonald, A.G. | | Technologue |
| Mirkovich, V.V. | Ph.D. (Toronto) | Chercheur sci. |
| Moon, K.S. | B.Sc. (Univ. nationale, Séoul); M.Sc.A. (UBC); Ph.D. (Berkeley) | Chercheur sci. |
| Morin, L. | | Technologue |
| Owens, D.R. | | Technologue |
| Painter, K.E. | B.Sc. (Carleton) | Technologue |
| Petruk, W. | B.Ing., M.Sc., Ph.D. (McGill) | Chercheur sci. |
| Pinard, R.G. | | Technologue |
| Prud'homme, P.J.H. | | Technologue |
| Quon, D.H.H. | B.Sc. (U. nationale Sun Yat Sen); M.Sc. (Ohio); Ph.D. (Michigan) | Chercheur sci. |
| Raicevic, M. | | Technologue |
| Reynolds, V.G. | B.Sc. (Carleton) | Sc. phys. |
| Rouleau, J.P. | | Soutien techn. |
| Scharf, R.I. | | Technologue |

| NOM | DIPLÔMES | CATÉGORIE PROFESSIONNELLE |
|---|---|---|
| Sivasunderam, V. | B.Sc. (Sri Lanka); M.Sc. (Massachusetts) | Sc. phys. |
| Soles, J.A. | B.Sc.A., M.Sc.A. (Colombie-Britannique); Ph.D. (McGill); Ing. | Chercheur sci. |
| Stefanski, M. | B.Sc., M.Sc., Ph.D. (Katowce); Ph.D. (Cracovie) | Sc. phys. |
| Stemerowicz, A.I. | B.Sc. (Queen's); Ing. | Chercheur sci. |
| Szymanski, J.T. | B.Sc., Ph.D. (Londres) | Chercheur sci. |
| Venturino, M. | | Soutien admin. |
| Wang, S.S.B. | B.Sc. (Hong Kong Baptist); M.Sc. (Californie); Ph.D. (Toronto) | Sc. phys. |
| Wilson, H.S. | B.Ing. (Saskatchewan) | Chercheur sci. |
| Wilson, J.M.D. | B.Sc., M.Sc.A.(Queen's) | Sc. phys. |